Deutscher Bundestag **Drucksache 19/1140**

19. Wahlperiode 02.03.2018

Unterrichtung

durch die Bundesregierung

Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2018

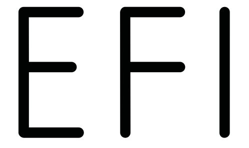
Laut Beschluss des Deutschen Bundestages zur Neuordnung des Berichtswesens zu Forschung und Innovation vom 22. Juni 2006 legt die Bundesregierung dem Deutschen Bundestag seit dem Jahr 2008 im Abstand von jeweils zwei Jahren Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit vor, die durch eine unabhängige Gruppe renommierter Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verfasst und verantwortet werden. In den Zwischenjahren werden Darstellungen zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands in Form eines Kurzgutachtens vorgelegt.

Das Gutachten 2018 wurde am 28. Februar 2018 von der Expertenkommission Forschung und Innovation an die Bundesregierung übergeben. Die Stellungnahme zum Gutachten 2018 erfolgt im Rahmen des Umsetzungsberichtes zur Hightech-Strategie der Bundesregierung im Mai diesen Jahres.

Zugeleitet mit Schreiben des Bundesministeriums für Bildung und Forschung vom 28. Februar 2018 gemäß Beschluss vom 22. Juni 2006 (Bundestagsdrucksache 16/1705).

GUTACHTEN ZU FORSCHUNG,
INNOVATION UND TECHNOLOGISCHER
LEISTUNGSFÄHIGKEIT
DEUTSCHLANDS

EXPERTENKOMMISSION
FORSCHUNG
UND INNOVATION



GUTACHTEN 2018

Unser Dank gilt
Vivien Baganz, Engelbert Beyer, Jörg Bienert, Dr. Rainer Bischoff, Dr. Sabine Blankenship, Dominik Boesl, Alfons Botthof, Prof. Timothy Bresnahan, Ph.D., Wolfgang Crasemann, John Day, Prof. Dr. Christian Diedrich, Prof. Dr. Roman Dumitrescu, Tommy Falkowski, Prof. Dr. Klaus Fichter, Prof. Dr. Jürgen Gausemeier, Prof. Dr. Bernd Girod, Christine Greulich, Dr. Michael Haag, Dr. Michael Hoeynck, Prof. Dr. Jens Horbach, Dr. Ole Janssen, Thomas Jarzombek, Prof. Charles Jones, Ph.D., Dr. Susanne Kadner, Nir Kaldero, Dirk Kanngießer, Dr. Christoph Kehl, Prof. Dr. Karim Khakzar, Prof. Oussama Khatib, Ph.D., Jörg Kleuver, Dr. Andreas Klossek, Leesa Lee, Ralf Lenninger, Dr. Bernd Liepert, Dr. Johannes Ludewig, Prof. Dr. Wolf-Dieter Lukas, Dr. Yvonne Lutsch, Prof. Dr. Wolfgang Maaß, Ralf Maier, Christoph March, Dr. Robin Mishra, Ryan Nadeau, Sivakumar Nattamai, Dr. Gisela Philipsenburg, Dr. Jed Pitera, Dr. Norbert Reithinger, Dr. Karoline Rogge, Paul Saffo, Prof. Dr. Friederike zu Sayn-Wittgenstein-Hohenstein, Elisabeth Schärtl, Philipp Schett, Julia Schmalenberg, Prof. Dr. Uwe Schneidewind, Prof. Dr. Philipp Slusallek, Dr. Ulrike Tagscherer, Dr. Christian Thurau, Franz Tschimben, Dr. Hauke Schmidt, Dr. Katrin Schulze, Siddhartha Singh, Dr. Rudolf W. Strohmeier, Friedrich Sulk, Sabine ten Hagen-Knauer, Dr. Nemrude Verzano, Prof. Dr. Birgit Vogel-Heuser, Maja von Korff, Vladislav Voroninski, Ph.D., Dr. Georg von Wichert, Michael Weber, Dr. Jeffrey Welser, Dr. Winfried Wilcke, Ziang Xie und Dr. Uwe Zimmermann, deren Expertise mit in das Gutachten eingeflossen ist.

Ferner danken wir allen Personen, die der Expertenkommission während ihres Aufenthaltes im Silicon Valley für Auskünfte und Gespräche zur Verfügung standen, sowie allen Autorinnen und Autoren, die an den Studien zum deutschen Innovationssystem mitgewirkt haben.

Die Expertenkommission weist darauf hin, dass die im Gutachten dargelegten Positionen nicht notwendigerweise die Meinungen der genannten Personen wiedergeben.

Mitglieder der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI)

Prof. Dr. Uschi Backes-Gellner
Universität Zürich, Institut für Betriebswirtschaftslehre, Lehrstuhl für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, insbesondere empirische Methoden der Arbeitsbeziehungen und der Personalökonomik

Prof. Dr. Christoph Böhringer
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Department für Wirtschafts- und Rechtswissenschaften, Lehrstuhl für Wirtschaftspolitik

Prof. Dr. Uwe Cantner
Friedrich-Schiller-Universität Jena, Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre/Mikroökonomik

Prof. Dietmar Harhoff, Ph.D.
(Vorsitzender)
Max-Planck-Institut für Innovation und Wettbewerb

Prof. Dr. Ingrid Ott
Karlsruher Institut für Technologie, Lehrstuhl für Wirtschaftspolitik

Prof. Dr. Monika Schnitzer
(stellvertretende Vorsitzende)
Ludwig-Maximilians-Universität München, Seminar für Komparative Wirtschaftsforschung

Dieses Gutachten beruht auch auf der sachkundigen und engagierten Arbeit der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der EFI-Geschäftsstelle sowie der Kommissionsmitglieder.

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der EFI-Geschäftsstelle

Christine Beyer
Dr. Jano Costard
Dr. Helge Dauchert
Dr. Florian Kreuchauff
Dr. Petra Meurer
Antje Michna
Christopher Stolz

Studentische Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter:
Gina Glock
Vincent Victor

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Kommissionsmitglieder

David Bälz,
Karlsruher Institut für Technologie,
Lehrstuhl für Wirtschaftspolitik

Dr. Martin Kalthaus,
Friedrich-Schiller-Universität Jena,
Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre/Mikroökonomik

Patrick Lehnert,
Universität Zürich,
Institut für Betriebswirtschaftslehre,
Lehrstuhl für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, insbesondere empirische Methoden der Arbeitsbeziehungen und der Personalökonomik

Felix Montag,
Ludwig-Maximilians-Universität München,
Seminar für Komparative Wirtschaftsforschung

Dr. Anna Pechan,
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg,
Department für Wirtschafts- und Rechtswissenschaften, Lehrstuhl für Wirtschaftspolitik

Dr. Myriam Rion,
Max-Planck-Institut für Innovation und Wettbewerb

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 9

KURZFASSUNG 13

A AKTUELLE ENTWICKLUNGEN UND HERAUSFORDERUNGEN

A 1 Leitlinien für die F&I-Politik in der neuen Legislaturperiode 20

A 2 Nachhaltigkeit und Innovationspolitik 23

A 3 Fachhochschulen im Wandel 26

A 4 Digitale Bildung 32

B KERNTHEMEN 2018

B 1 Langfristige Entwicklungen von Produktivität und Innovation 40

B 2 Herausforderungen der europäischen F&I-Politik 52

B 3 Autonome Systeme 66

C STRUKTUR UND TRENDS

Inhalt 84

Überblick 87

C 1 Bildung und Qualifikation 89

C 2 Forschung und Entwicklung 96

C 3 Innovationsverhalten der Wirtschaft 102

C 4 Finanzierung von Forschung und Innovation 105

C 5 Unternehmensgründungen 108

C 6 Patente 111

C 7 Fachpublikationen 114

C 8 Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung 118

D VERZEICHNISSE 121

Vorwort

Deutschland ist zu Beginn des Jahres 2018 wirtschaftlich gut aufgestellt. Der Bundeshaushalt verzeichnet einen deutlichen Überschuss und die deutsche Wirtschaft gilt als Stabilitätsanker der Eurozone. Für diesen Erfolg sind viele Faktoren verantwortlich. Eine wichtige Ursache liegt in den hohen Investitionen in Forschung und Innovation, die in den vergangenen Jahren von privater und staatlicher Seite getätigt wurden.

Ausgaben für Forschung und Innovation sind Investitionen in die Zukunft, gerade in Zeiten des schnellen technologischen und ökonomischen Wandels. Die Expertenkommission Forschung und Innovation empfiehlt der neuen Bundesregierung daher, verstärkt in Wissenschaft, Forschung und Innovation zu investieren, um auch künftig Deutschlands Rolle als eine führende Wirtschaftsnation zu sichern. In ihrem Jahresgutachten 2018 legt die Expertenkommission dar, welche Aspekte dabei zu berücksichtigen sind, und weist auf die Notwendigkeit hin, schnell und entschlossen zu handeln.

In Kapitel A1 hat die Expertenkommission Leitlinien für die F&I-Politik in der neuen Legislaturperiode formuliert. Sie hält es für unerlässlich, der Digitalisierung eine deutlich höhere Priorität als bisher einzuräumen. Die Rahmenbedingungen für Internet und internetbasierte Technologien müssen deutlich verbessert werden; insbesondere steht die Bundesregierung in der Pflicht, E-Government und die digitale Infrastruktur auszubauen sowie digitale Bildung in der Breite zu fördern. Eine weitere zentrale Forderung für die neue Legislaturperiode ist, dass die Bundesregierung durch die Einführung einer steuerlichen FuE-Förderung wirksame Innovationsanreize für kleine und mittlere Unternehmen schafft und die Wachstumsmöglichkeiten von Start-ups weiter verbessert. Für die Stärkung des Wissenschaftssystems ist es zudem notwendig, ein auf mehrere Legislaturperioden angelegtes Nachfolgeprogramm für den Hochschulpakt zu initiieren. Der Pakt für Forschung und Innovation ist fortzuführen und künftig stärker auf den Erkenntnis- und Technologietransfer auszurichten.

Innovationen können zu Konflikten zwischen unterschiedlichen Nachhaltigkeitszielen, wie Umweltqualität und soziale Gerechtigkeit, führen. In Kapitel A2 legt die Expertenkommission dar, dass solche Zielkonflikte nicht dazu führen dürfen, die F&I-Politik mit den Problemen einer systematischen Nachhaltigkeitsbewertung zu überfordern. Staatliche F&I-Politik muss auch künftig in der Lage sein, F&I-Aktivitäten technologieoffen fördern zu können.

In Kapitel A3 nimmt die Expertenkommission die Einrichtung der Fachhochschulen bzw. Hochschulen für angewandte Wissenschaften (FHs/HAWs) vor 50 Jahren zum Anlass, diesen eigenständigen Hochschultyp kritisch zu würdigen. Die Expertenkommission stellt heraus, dass die FHs/HAWs eine wichtige Rolle im deutschen Hochschul- und Innovationssystem einnehmen. Sie empfiehlt, dass die FHs/HAWs

und die Universitäten ihre eigenständigen Profile erhalten und diese gemäß den sich wandelnden Anforderungen spezifisch weiterentwickeln.

Die Stärkung der digitalen Bildung in Deutschland wird in Kapitel A4 thematisiert. Die Expertenkommission betont, dass digitale Schlüsselkompetenzen eine wichtige Voraussetzung für Produktivitätswachstum und Innovation in etablierten und in neuen Branchen sind. Es ist daher von zentraler Bedeutung, digitale Schlüsselkompetenzen schon von der Grundschule an zu vermitteln. Es bedarf neben sehr guter IT-Ausstattungen auch eines hoch qualifizierten Lehrpersonals. In Deutschland ist beides nicht in ausreichendem Maße vorhanden.

In Kapitel B1 analysiert die Expertenkommission die langfristige Entwicklung von Produktivität und Innovation. Diese Analyse greift Befürchtungen auf, dass sich das gesamtwirtschaftliche Produktivitätswachstum in vielen Ländern, so auch in Deutschland, seit mehreren Jahrzehnten und verstärkt seit Mitte der 1990er Jahre verlangsamt hat und auf Dauer keine Dynamik entfalten wird. Die Expertenkommission kommt zu der Einschätzung, dass das verlangsamte Produktivitätswachstum nicht auf eine einzelne Ursache zurückgeführt werden kann. Allerdings ist die Kommission zuversichtlich, dass insbesondere eine starke Grundlagenforschung in Kombination mit effektivem Erkenntnistransfer weiteres Produktivitätswachstum unterstützen kann. Wichtig ist ferner, die rasche Diffusion radikaler Innovationen und ihrer Folgeinnovationen durch geeignete Maßnahmen zu unterstützen. Dies gilt aktuell insbesondere für die digitale Transformation, deren flächendeckende Umsetzung noch aussteht. Zudem muss ein regulatorisches Umfeld geschaffen werden, in dem ökonomische Akteure agil neue technologische Chancen aufgreifen, radikale Innovationen generieren und an den Markt bringen können.

In Kapitel B2 analysiert die Expertenkommission die Herausforderungen der europäischen F&I-Politik. Ein zentrales Problem der Europäischen Union ist die sogenannte Innovationskluft zwischen Innovationsführern in Nord- und Mitteleuropa und den weniger innovationsstarken Mitgliedsstaaten in Süd- und Osteuropa. Ein effektiverer Einsatz der Europäischen Struktur- und Investitionsfonds ist dringend erforderlich, um hier Fortschritte zu erzielen. Gleichzeitig muss sichergestellt werden, dass die Forschungsförderung in den Rahmenprogrammen weiterhin am Exzellenzkriterium ausgerichtet ist. Die Europäische Kommission plant die Einrichtung eines European Innovation Council, für den die Expertenkommission derzeit keine ausreichende Begründung sieht. Die Bewältigung des Brexit stellt eine weitere große Aufgabe dar. Der Umgang mit diesen Herausforderungen wird durch die komplexen Strukturen der europäischen F&I-Politik erschwert. Die Expertenkommission sieht daher auch in der Konsolidierung und Vereinfachung der europäischen F&I-Strukturen eine wichtige Aufgabe, die Vorrang vor der Gründung neuer Institutionen im Bereich der F&I-Politik hat.

In Kapitel B3 untersucht die Expertenkommission sogenannte autonome Systeme, eine bedeutsame Zukunftstechnologie. Autonome Systeme haben enorme Nutzenpotenziale für Wirtschaft und Gesellschaft. Um diese Potenziale besser ausschöpfen zu können, müssen neben komplexen technologischen Herausforderungen vor allem auch rechtliche Rahmenbedingungen zeitnah angepasst und neu gestaltet werden. Deutschland weist Stärken in der Grundlagenforschung und einigen Anwendungsbereichen auf, fällt in anderen Anwendungsfeldern autonomer Systeme allerdings hinter die Weltspitze zurück. Um Regierungshandeln in einem gesellschaftlichen Diskurs zu verankern und technologischen wie gesellschaftlichen Herausforderungen Rechnung zu tragen, empfiehlt die Expertenkommission u. a. die Einrichtung einer Enquete-Kommission.

Die Expertenkommission ist besorgt, dass die von ihr identifizierten Herausforderungen aufgrund der verzögerten Regierungsbildung und der bisher mangelnden Agilität der Politik nicht entschlossen und zügig genug angegangen werden. Die aktuelle Stärke der deutschen Volkswirtschaft eröffnet der Politik die Chance, strukturelle Weiterentwicklungen des F&I-Systems auf den Weg zu bringen und dringende Investitionen in die Zukunft zu tätigen. Es wäre bedauerlich, wenn diese Möglichkeiten in der neuen Legislaturperiode nicht genutzt würden.

Berlin, Februar 2018

Prof. Dietmar Harhoff, Ph.D.
(Vorsitzender)

Prof. Dr. Monika Schnitzer
(stellvertretende Vorsitzende)

Prof. Dr. Uschi Backes-Gellner

Prof. Dr. Christoph Böhringer

Prof. Dr. Uwe Cantner

Prof. Dr. Ingrid Ott

KURZFASSUNG

Kurzfassung

A Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen

A 1 Zentrale Leitlinien für die F&I-Politik in der neuen Legislaturperiode

In der neuen Legislaturperiode muss die deutsche F&I-Politik konsequent weiterentwickelt werden, um die in den vergangenen Jahren weiter gewachsenen Herausforderungen bewältigen zu können. Als Ziel sollte verankert werden, 3,5 Prozent des Bruttoinlandsprodukts für FuE bis zum Jahr 2025 aufzuwenden.

Die Chancen der Digitalisierung sind besser zu nutzen. Die Kompetenzen im Umgang mit digitalen Technologien sind in allen Ausbildungsbereichen breit zu fördern. Beim Breitbandausbau müssen ambitionierte Ausbauziele deutlich jenseits der 50 Mbit/s verankert und umgesetzt werden.

Die Qualität der Dienstleistungen von Behörden für Bürgerinnen und Bürger sowie für Unternehmen sollte durch den Ausbau des E-Government verbessert werden. Zudem muss es Start-ups bzw. Unternehmen ermöglicht werden, Datenbestände der öffentlichen Hand für die Erschließung neuer Wertschöpfungspotenziale zu nutzen.

In der neuen Legislaturperiode sollte endlich eine steuerliche FuE-Förderung eingeführt und auf kleine und mittlere Unternehmen (KMU) fokussiert werden. Für die konkrete Ausgestaltung der steuerlichen FuE-Förderung empfiehlt die Expertenkommssion eine Steuergutschrift auf FuE-Personalaufwendungen, die mit der Lohnsteuer verrechnet wird.

A 2 Nachhaltigkeit und Innovationspolitik

Der Begriff der Nachhaltigkeit umfasst wirtschaftliche, soziale und ökologische Dimensionen. In der Agenda 2030 haben sich die Vereinten Nationen auf 17 Nachhaltigkeitsziele mit insgesamt 169 Unterzielen geeinigt, die die Bundesregierung übernommen hat. Innovationen können einen wichtigen Beitrag leisten, diese Nachhaltigkeitsziele zu erreichen. Da unklar ist, wie mit Zielkonflikten umzugehen ist, stellt die Nachhaltigkeitsbewertung eine übergreifende gesellschaftspolitische Herausforderung dar.

Durch Innovationen kann es zu Konflikten zwischen unterschiedlichen Nachhaltigkeitszielen kommen. Solche Zielkonflikte sind über die Koordination mit anderen Politikbereichen

wie der Arbeitsmarkt- oder Umweltpolitik aufzufangen. Staatliche F&I-Politik muss sich – über die Unterstützung von Grundlagenforschung hinaus – darauf konzentrieren können, F&I-Aktivitäten auf den Feldern der großen gesellschaftlichen Herausforderungen technologieoffen zu fördern.

Die sorgfältige Einbindung verschiedener gesellschaftlicher Gruppen zur Identifizierung bzw. Bestätigung wichtiger gesellschaftlicher Herausforderungen ist als Leitplanke für eine staatliche F&I-Politik sinnvoll.

A 3 Fachhochschulen im Wandel

Vor 50 Jahren wurden Fachhochschulen (FHs), heute vielfach als Hochschulen für angewandte Wissenschaften (HAWs) bezeichnet, als eigenständiger Hochschultyp etabliert. FHs/HAWs sind eine tragende Säule des deutschen Hochschulsystems und haben wesentlich zur Weiterentwicklung des Innovationssystems beigetragen. Zu ihren spezifischen Aufgaben zählen vor allem die anwendungsbezogene Lehre und die anwendungsbezogene Forschung. Darüber hinaus eröffnen FHs/HAWs wichtige Aufstiegsmöglichkeiten für Absolventinnen und Absolventen beruflicher Ausbildungsgänge.

Im Zuge der Bildungsexpansion ist der Anteil der Studierenden an FHs/HAWs gestiegen. In Zukunft sollte ein noch größerer Anteil der Bachelor-Studierenden an FHs/HAWs studieren. FHs/HAWs benötigen für die Sicherstellung ihrer Aufgaben eine bessere Grundfinanzierung.

Kooperative Promotionen zwischen Universitäten und FHs/HAWs nehmen zu. Dabei werden unterschiedliche Modelle verwendet. Die Erfahrungen mit diesen Modellen sollten nach Auffassung der Expertenkommission genutzt werden, um kooperative Promotionen zukünftig zu stärken. Das Promotionsrecht selbst sollte weiterhin exklusiv bei den Universitäten liegen.

A 4 Digitale Bildung

Im Zuge der Digitalisierung sind Fähigkeiten in Software- und Algorithmenentwicklung sowie Fachkräfte mit digitalen Schlüsselkompetenzen wichtige Voraussetzungen für Produktivitätswachstum und Innovation in etablierten und neuen Branchen geworden.

Digitale Schlüsselkompetenzen sollten bereits in Grundschulen flächendeckend unterrichtet werden. Schulen benötigen eine exzellente IT-Ausstattung und Lehrende zur Vermittlung dieser Kompetenzen. Der DigitalPakt Schule muss daher dringend umgesetzt und in der Haushaltsplanung bevorzugt berücksichtigt werden.

In der dualen Berufsausbildung sollten im IT-Bereich den Anforderungen entsprechende neue Berufe entwickelt werden. Darüber hinaus sollten IT-Kenntnisse als fester Bestandteil in jeder Berufsausbildung verankert werden.

Auch die Hochschulen sind gefordert, über alle Disziplinen hinweg Programmierkompetenzen und Kenntnisse der Software- und Web-Entwicklung sowie Datenwissenschaften und Methoden des maschinellen Lernens zu vermitteln. In diesem Zusammenhang sollten die neuen Möglichkeiten des Art. 91b GG aktiv genutzt werden.

B Kernthemen 2018

B 1 Langfristige Entwicklungen von Produktivität und Innovation

Der Anstieg der gesamtwirtschaftlichen Produktivität hat sich in vielen Ländern, so auch in Deutschland, seit mehreren Jahrzehnten und verstärkt seit Mitte der 1990er Jahre verlangsamt. Während einige Expertinnen und Experten die Sorge äußern, dass in diesem verringerten Produktivitätswachstum eine flächendeckende Erschöpfung technologischer Potenziale und innovativer Ideen zum Ausdruck kommt, machen andere Verzögerungen im Diffusionsprozess der Digitalisierung dafür verantwortlich.

Die seit etwa 20 Jahren abnehmende Innovatorenquote in Deutschland und den meisten anderen europäischen Industrieländern wird von manchen Beobachterinnen und Beobachtern als Indiz dafür gesehen, dass parallel zum rückläufigen Produktivitätswachstum auch ein Rückgang der Innovationsaktivität und damit eines wichtigen Produktivitätstreibers stattfindet. Der Rückgang der Innovatorenquote könnte aber auch darauf zurückzuführen sein, dass sich die Innovationstätigkeiten auf immer weniger wirtschaftliche Akteure konzentrieren, die in stärker konzentrierten Märkten mit erhöhten Markteintrittsbarrieren agieren. Ob tatsächlich eine Verlangsamung der Innovationsaktivitäten oder vielmehr eine Konzentration vorliegt, kann derzeit noch nicht abschließend beurteilt werden. Hierfür sind weitere Forschung und vor allem eine bessere Indikatorik erforderlich.

Die Expertenkommission betont, dass die Sicherung eines langfristigen Produktivitätswachstums auch die Nutzung radikaler Innovationen und insbesondere deren zügige Diffusion erfordert. Vor allem durch die Gestaltung des regulatorischen Umfelds hat die Bundesregierung darauf einen wichtigen Einfluss, den sie nutzen sollte.

- Die Grundlagenforschung als wichtige Quelle radikaler Innovationen ist zu stärken. Sie sollte auch dann nicht zugunsten der angewandten Forschung vernachlässigt werden, wenn diese kurzfristig zu erreichende Innovations- und Wachstumsbeiträge verspricht.
- Innovationen können nur dann in großem Umfang produktivitätswirksam werden, wenn sie breite Anwendung finden. Es ist daher wichtig, die Diffusion radikaler Innovationen und ihrer Folgeinnovationen durch geeignete Maßnahmen zu unterstützen. Dies gilt aktuell insbesondere für die digitale Transformation, deren flächendeckende Umsetzung noch aussteht.
- Das regulatorische Umfeld muss sicherstellen, dass die ökonomischen Akteure neue technologische Chancen agil aufgreifen, radikale Innovationen generieren und sie an den Markt bringen können. Dafür bedarf es geeigneter Rahmenbedingungen, so z. B. im Wettbewerbsrecht, um neuen Akteuren einen barrierefreien Marktzugang zu ermöglichen und die Entstehung dominanter Unternehmen zu verhindern, oder auch im Finanzierungsbereich, um die Gründung und das Wachstum innovativer junger Unternehmen zu unterstützen.

B 2 Herausforderungen der europäischen F&I-Politik

Die F&I-Politik der EU ist ein relativ junger Politikbereich, der durch ausgesprochen ambitionierte Zielformulierungen gekennzeichnet ist. In der Vergangenheit wurden diese Ziele zum Teil klar verfehlt. Die Expertenkommission ist besorgt, dass das wiederholte deutliche Zurückbleiben hinter selbst gesetzten Zielen die Glaubwürdigkeit der europäischen F&I-Politik mittelfristig untergräbt.

Die Strukturen der europäischen F&I-Politik sind sehr komplex, die Zuständigkeiten fragmentiert. Die Expertenkommission sieht daher in der Konsolidierung und Vereinfachung der europäischen F&I-Strukturen eine zentrale Aufgabe nationaler und europäischer Politik. Diese Aufgabe muss Vorrang vor der Einrichtung neuer Institutionen und der Entwicklung zusätzlicher Förderinstrumente haben.

Die aktuellen Herausforderungen für die europäische F&I-Politik sind die Überwindung der sogenannten Innovationskluft bei gleichzeitiger Sicherstellung der Förderung exzellenter Forschung in Europa, die Rechtfertigung eines European Innovation Council (EIC) und die Bewältigung des Brexit.

- Horizont 2020 ist primär auf die Förderung von exzellenter Forschung ausgerichtet. Diese Orientierung muss bei der Gestaltung des 9. Forschungsrahmenprogramms beibehalten und sollte nicht durch Aufnahme zusätzlicher Elemente verwässert werden.
- Gleichzeitig muss eine Governance-Struktur geschaffen werden, die sicherstellt, dass die in den Europäischen Struktur- und Investitionsfonds vorgesehenen Mittel zur Förderung von Forschung und Innovation von den nationalen Regierungen zielgerechter und effektiver als bisher eingesetzt werden.
- Die Expertenkommission sieht die Einrichtung eines EIC auf Basis des aktuellen Pilotprojektes kritisch, da dessen inhaltliche Ausrichtung unzureichend begründet und die Einbindung in das institutionelle Gefüge der europäischen F&I-Politik unklar ist.
- Die Expertenkommission befürwortet die Einrichtung einer Agentur für radikale Innovationen. Sie steht jedoch den Überlegungen, dafür eine neue EU-Institution zu schaffen, skeptisch gegenüber. Sie empfiehlt daher den Aufbau einer Institution zur Förderung radikaler Innovationen außerhalb der EU-Strukturen.
- Die Expertenkommission rät aufgrund der Bedeutung Großbritanniens als eines der leistungsfähigsten F&I-Systeme Europas dringend zu einer möglichst engen Anbindung des Landes an die europäische Forschungslandschaft, wie dies aktuell bei Norwegen der Fall ist.

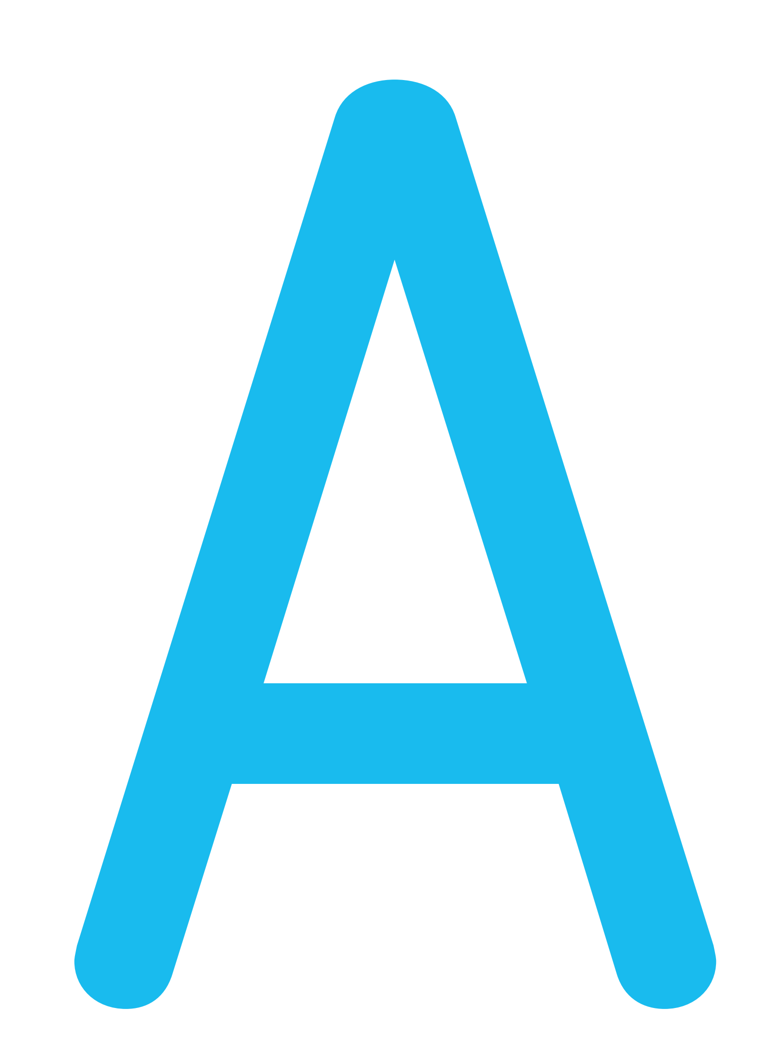
B 3 Autonome Systeme

Das wirtschaftliche und gesellschaftliche Nutzenpotenzial autonomer Systeme ist erheblich. Ihr Einsatz kann dazu beitragen, die Sicherheit im Straßenverkehr zu erhöhen, Menschen in Arbeitsprozessen zu unterstützen und individuellen Komfort oder gesellschaftliche Teilhabe zu verbessern. Autonome Systeme lösen selbstständig komplexe Aufgaben mit Hilfe von Software und Methoden der künstlichen Intelligenz (KI). Sie lernen auf Grundlage von Daten und sind dadurch in der Lage, auch in unbekannten Situationen ohne Eingriff des Menschen zu agieren. Der Einsatz autonomer Systeme steht derzeit in vielen Bereichen aber noch am Anfang.

Deutschland befindet sich in einer guten Ausgangssituation, um Wertschöpfungs- und Nutzenpotenziale autonomer Systeme zu realisieren. So gibt es eine international konkurrenzfähige Grundlage für die Entwicklung autonomer Fahrzeuge in Deutschland. In anderen Anwendungsgebieten hängt Deutschland allerdings bei der Entwicklung autonomer Systeme den Marktführern hinterher. Außerdem zeichnet sich ab, dass andere Länder das Thema KI mit einer hohen forschungs- und industriepolitischen Priorität verfolgen. Daher muss die deutsche Politik, neben der Gestaltung rechtlicher Rahmenbedingungen, verstärkt auch die Förderung der Forschung auf dem Gebiet autonomer Systeme sowie die KI-Forschung vorantreiben.

- Die Expertenkommission plädiert für die Einsetzung einer Enquete-Kommission „Autonome Systeme und Künstliche Intelligenz“ des Bundestages, die sich intensiv mit Fragen zu Ethik, Datenschutz, Datensicherheit und Wettbewerb auseinandersetzt.
- Die Expertenkommission fordert die Entwicklung einer nationalen Strategie für KI mit dem Ziel der Stärkung der wissenschaftlichen und technologischen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands.
- Die Bundesregierung muss sicherstellen, dass Unternehmen Daten nicht dazu nutzen, Markteintrittsbarrieren zu errichten, die den Wettbewerbsprozess auf Dauer behindern. Daten müssen in diesem Fall von Wettbewerbsbehörden als wesentliche Einrichtungen (essential facilities) behandelt werden.
- Die bisherige starke Ausrichtung der Förderungspolitik auf aktuelle Stärken der deutschen Wirtschaft könnte sich als hinderlich für die Erschließung neuer Anwendungsfelder erweisen. Die Expertenkommission rät dazu, alle Anwendungsfelder autonomer Systeme in die Förderung einzubeziehen.
- Die Expertenkommission fordert die Bundesregierung auf, den von der Europäischen Kommission angestoßenen Prozess zur Schaffung eines europäischen Daten-Binnenmarktes aktiv zu begleiten und zu unterstützen.

AKTUELLE ENTWICKLUNGEN UND HERAUS-FORDERUNGEN



A 1 Leitlinien für die F&I-Politik in der neuen Legislaturperiode

In den letzten Jahren hat es eine positive Dynamik der F&I-Politik gegeben. Vor dem Hintergrund der verzögerten Regierungsbildung sollte die künftige Bundesregierung zügig daran anknüpfen und die deutsche F&I-Politik konsequent weiterentwickeln. Die Expertenkommission formuliert hier noch einmal die wesentlichen Aufgaben, die nun anzugehen sind.

Chancen der Digitalisierung nutzen

– Um die Herausforderungen des digitalen Wandels zu bewältigen, ist es sinnvoll, die Kompetenzen im Umgang mit digitalen Technologien in allen Ausbildungsbereichen breit zu fördern (vgl. Kapitel A 4).[1] Die digitale Bildung an deutschen Schulen ist dringend zu stärken. Der seit geraumer Zeit geplante DigitalPakt Schule sollte endlich auf den Weg gebracht werden. An tertiären Einrichtungen sollten Studierenden aller Fächer neben Programmierkompetenzen und Kenntnissen der Software- und Web-Entwicklung auch Datenwissenschaften und Methoden des maschinellen Lernens vermittelt werden. In diesem Zusammenhang sollten die neuen Möglichkeiten des Art. 91b GG genutzt werden, um in einer gemeinsamen Anstrengung von Bund und Ländern geeignete Best-Practice-Ansätze in Hochschulen umzusetzen.
– Internet und internetbasierte Technologien erfordern neue bzw. angepasste rechtliche Rahmenbedingungen u. a. im Urheberrecht, Datenschutz, Verbraucherschutz und Wettbewerbsrecht.[2] Die Anpassung dieser Rahmenbedingungen sollte nach Möglichkeit auf europäischer Ebene erfolgen. Dabei sollte nicht das Ziel verfolgt werden, etablierte Geschäftsmodelle zu schützen, sondern den Zugang neuer Marktteilnehmer mit innovativen Angeboten zu erleichtern.
– Deutschland ist beim Breitbandausbau mit Hochleistungsnetzen jenseits der 50 Mbit/s nicht wettbewerbsfähig.[3] Hier sind in der neuen Legislaturperiode ambitionierte Ausbauziele zu verankern und deren Umsetzung voranzutreiben.
– Zum Ende der vergangenen Legislaturperiode sind mit der Änderung des Art. 91 c Abs. 5 GG und der dadurch ermöglichten Verabschiedung des Online-Zugangsgesetzes wichtige Rahmenbedingungen für den Aufbau und den Betrieb von leistungsfähigen zentralen Portalen für E-Government und öffentliche Datenbestände geschaffen worden. In der neuen Legislaturperiode gilt es, die dadurch eröffneten Chancen engagiert zu nutzen.[4] Zum einen sollte die Qualität der Dienstleistungen von Behörden für Bürgerinnen und Bürger sowie für Unternehmen verbessert werden. Zum anderen sollte es Start-ups bzw. Unternehmen ermöglicht werden, die Datenbestände der öffentlichen Hand für die Erschließung neuer Wertschöpfungspotenziale zu nutzen.

Innovationsanreize für Start-ups und KMU setzen

– Deutschland nutzt – anders als die meisten OECD-Länder – das Instrument einer steuerlichen FuE-Förderung bisher nicht.[5] Die Effektivität der steuerlichen FuE-Förderung ist in zahlreichen internationalen Studien belegt worden. Die Fördereffekte sind bei KMU besonders ausgeprägt. Die Expertenkommission rät daher erneut dazu, solch ein Instrument einzuführen und auf KMU zu fokussieren. Für die konkrete Ausgestaltung der steuerlichen FuE-Förderung empfiehlt die Expertenkommission eine Steuergutschrift auf FuE-Personalaufwendungen und eine Verrechnung mit der Lohnsteuer.
– Für junge innovative Unternehmen stellt Wagniskapital eine wichtige Finanzierungsquelle dar.[6] Jedoch steht es in Deutschland nur in begrenztem Umfang zur Verfügung. Zum Ende der vergangenen Legislaturperiode wurden die Rahmenbedingungen für die Wagniskapitalfinanzie-

rung verbessert sowie bei öffentlich finanzierten Fonds zur Bereitstellung von Wagniskapital die Organisationsstrukturen angepasst und die Finanzmittel erhöht.[7] Hieran kann die neue Bundesregierung anknüpfen. Dabei sollte der Fokus der Politik darauf liegen, für private Akteure Anreize zu setzen, in Wagniskapitalfonds und Start-ups zu investieren.[8] Es sollte weiter daran gearbeitet werden, die Rahmenbedingungen für institutionelle Investoren so zu gestalten, dass Investitionen in Wagniskapitalfonds zur Finanzierung innovativer und wachstumsträchtiger Unternehmen unterstützt werden und anerkannte Ankerinvestoren entstehen können.

– Die Belange von Start-ups bzw. jungen Unternehmen werden bei der FuE-Förderung noch nicht in ausreichendem Maße berücksichtigt.[9] Die Expertenkommission empfiehlt, in der neuen Legislaturperiode das EXIST-Programm um eine Forschungskomponente zu ergänzen. Den Empfängerinnen und Empfängern der EXIST-Gründungsstipendien sollte beim Aufbau ihrer Unternehmen die Möglichkeit eingeräumt werden, für kurzfristig anfallende Forschungsaufgaben entsprechende Personalkapazitäten zu finanzieren. Zudem sollten die formalen Hürden für die Teilnahme von jungen, bereits im Markt etablierten Unternehmen an den Fachprogrammen von BMBF, BMWi und anderen Ressorts gesenkt werden.
– Innovative Start-ups werden durch das Fehlen einer europaweit gültigen Rechtsform für kleine Unternehmen in ihrem Wachstum behindert.[10] Die neue Bundesregierung sollte auf europäischer Ebene darauf hinwirken, dass eine europäische Gesellschaftsform mit beschränkter Haftung geschaffen wird. Diese Rechtsform sollte zudem für ausländische Investoren attraktiv sein – Transaktionskosten bei Beteiligungen sollten minimiert werden.

Wissenschaftssystem weiter stärken

– In der neuen Legislaturperiode stehen Entscheidungen darüber an, ob und in welcher Form der Hochschulpakt fortgeführt wird.[11] Die Expertenkommission spricht sich dafür aus, dass Bund und Länder ein auf mehrere Legislaturperioden angelegtes Nachfolgeprogramm für den Hochschulpakt initiieren. Der Bund sollte die Länder weiterhin bei der Finanzierung der Lehre und der Overheadkosten unterstützen. Bei der Zuweisung der Mittel sollte nicht nur die Zahl der Studierenden, sondern auch die Betreuungsrelationen und andere qualitätsrelevante Indikatoren berücksichtigt werden. Die Unterstützung durch den Bund darf jedoch nicht dazu führen, dass die Länder ihre Beiträge zur Hochschulfinanzierung reduzieren. Die Universitäten und Fachhochschulen/Hochschulen für angewandte Wissenschaften (vgl. Kapitel A 3) bedürfen außerdem einer substanziellen Verbesserung ihrer Grundfinanzierung.
– Des Weiteren befürwortet die Expertenkommission eine Fortführung des Pakts für Forschung und Innovation. Bei der Fortschreibung der von den außeruniversitären Foschungseinrichtungen (AUF) umzusetzenden forschungspolitischen Ziele sollte ein stärkeres Augenmerk auf den Erkenntnis- und Technologietransfer gelegt werden. Die Forschungseinrichtungen sollten hierfür eine Strategie erarbeiten und konsequent umsetzen.

F&I-Governance innovationsfreundlicher gestalten

– Mit der Etablierung der Hightech-Strategie (HTS) wurde die ressortübergreifende Kooperation bei der Gestaltung der F&I-Politik erfolgreich gestärkt.[12] Die HTS sollte nach Auffassung der Expertenkommission möglichst zügig fortgeschrieben werden. Dabei sollten die zentralen Herausforderungen – wie etwa Nachhaltigkeit (vgl. Kapitel A 2) oder Digitalisierung (vgl. Kapitel A 4) – identifiziert, klare Zielhierarchien formuliert und Meilensteine gesetzt werden.
– Die Expertenkommission rät dazu, wichtige Querschnittsthemen wie etwa autonome Systeme und Künstliche Intelligenz (vgl. Kapitel B 3) noch stärker zu berücksichtigen. Die Lösungsansätze zur Bewältigung des digitalen Wandels sollten sich nicht auf einzelne Industrien oder Technologiebereiche beziehen, sondern übergreifend angelegt sein.
– Die Expertenkommission spricht sich dafür aus, in der neuen Legislaturperiode eine Agentur zur Förderung radikaler Innovationen,[13] die auch als Sprunginnovationen bezeichnet werden können, zu gründen. Sie schließt sich damit einem Vorschlag an, der im Sommer 2017 im Rahmen des Innovationsdialogs von Vertreterinnen und Vertretern von Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft erarbeitet wurde.[14] Sie ist der Auffassung, dass die bisherigen Forschungsförderstrukturen nicht dazu

geeignet sind, in ausreichendem Maße Anreize für die Durchführung besonders risikoreicher und visionärer Projekte zu setzen. Die neue Agentur zur Förderung radikaler Innovationen sollte dabei über große Freiräume verfügen und im Tagesgeschäft mit einem Höchstmaß an Unabhängigkeit von politischer Steuerung agieren können (vgl. auch Kapitel B 2 zur europäischen Diskussion).

– Die neue Bundesregierung sollte ein Einwanderungsgesetz für Erwerbsmigration auf den Weg bringen.[15] Dabei sollten die Zuwanderungsmöglichkeiten von beruflich Qualifizierten ohne akademischen Abschluss sowie von Personen, die in Deutschland eine betriebliche Ausbildung absolvieren möchten, erleichtert werden.[16]
– Innovationsorientierte Beschaffung kann als Instrument einer strategischen F&I-Politik genutzt werden. Die Expertenkommission spricht sich dafür aus, dass die neue Bundesregierung darauf hinwirkt, die rechtlichen Rahmenbedingungen und die Praxis der öffentlichen Beschaffung mit einer „Priorität für das innovativere Angebot" anzupassen. Das beträchtliche öffentliche Beschaffungsvolumen sollte stärker als bisher für die Förderung von Innovationen genutzt werden.[17]

Ziele für das Jahr 2025

Für die Weiterentwicklung der F&I-Politik müssen konkrete und überprüfbare Ziele formuliert werden. Dabei sollte sich die Bundesregierung nicht nur auf den engen zeitlichen Rahmen einer Legislaturperiode beschränken. Die Expertenkommission erinnert in diesem Zusammenhang an die von ihr vorgeschlagenen Ziele für das Jahr 2025:[18]

– 3,5 Prozent des Bruttoinlandsprodukts für FuE aufwenden,
– Mindestens drei deutsche Universitäten unter den 30 weltweit führenden etablieren,
– Anteil des Wagniskapitals am Bruttoinlandsprodukt auf 0,06 Prozent verdoppeln,
– Zu den fünf führenden Nationen im Bereich digitaler Infrastruktur aufschließen,
– Anteil der Fördermittel im Bereich Digitalisierung verdoppeln,
– Vorreiterrolle im E-Government einnehmen.

Nachhaltigkeit und Innovationspolitik

A 2

Innovationspolitik und das Postulat der Nachhaltigkeit

Innovationen können einen wichtigen Beitrag leisten, die ehrgeizigen Ziele für eine nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs)[19] zu erreichen. Aus der Diskussion, wie dieser Beitrag ausgeschöpft werden kann, sind Forderungen nach Richtungsvorgaben für die staatliche F&I-Politik entstanden. So soll sich die F&I-Politik im Dienste einer nachhaltigen Entwicklung an den großen gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit ausrichten.[20] In der thematischen Ausgestaltung von staatlicher F&I-Politik hat diese Forderung in der sogenannten Neuen Missionsorientierung Ausdruck gefunden: für Deutschland z. B. mit den Förderschwerpunkten im Rahmen der Hightech-Strategie (HTS), auf europäischer Ebene u. a. mit dem Forschungsrahmenprogramm Horizont 2020.

Noch dezidierter empfiehlt der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) eine „Neuausrichtung von Innovationen, damit Wirtschafts- und Wohlstandsentwicklung innerhalb der Leitplanken des Erdsystems möglich werden".[21] Konkret schlägt der WBGU vor, die HTS enger an den Zielen einer nachhaltigen Entwicklung auszurichten.[22] Auch das Hightech-Forum spricht sich dafür aus, die Forschungsförderprogramme an ökologischen, ökonomischen und sozialen Bedarfen zu orientieren sowie die Nachhaltigkeits- und Innovationsstrategien der Bundesregierung stärker miteinander zu verknüpfen.[23] Um dies zu gewährleisten, wird gefordert, alle gesellschaftlichen Gruppen in die Gestaltung bzw. Ausrichtung der F&I-Politik einzubinden.[24]

Die Expertenkommission begrüßt die Ausrichtung der F&I-Politik an den großen gesellschaftlichen Herausforderungen. Dabei hält sie insbesondere die systematische Einbindung von verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen zur Identifizierung bzw. Bestätigung wichtiger gesellschaftlicher Herausforderungen als Leitplanke für eine staatliche F&I-Politik für sinnvoll. Staatliche F&I-Politik sollte sich allerdings darauf konzentrieren, Forschungs- und Innovationsaktivitäten auf den Feldern der großen gesellschaftlichen Herausforderungen technologieoffen zu fördern.

Nachhaltigkeit als Querschnittsthema der Politik

Der Begriff der nachhaltigen Entwicklung (Sustainable Development) beschreibt eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation gerecht wird und dabei die Möglichkeiten zukünftiger Generationen nicht einschränkt.[25] Diese allgemeine und vage Definition wird üblicherweise entlang dreier Dimensionen ausdifferenziert, die für eine nachhaltige Entwicklung abgeglichen werden müssen: wirtschaftliche Entwicklung, soziale Gerechtigkeit und Umweltverträglichkeit. In der Agenda 2030 haben sich die Vereinten Nationen in einem integrierten Ansatz auf 17 Nachhaltigkeitsziele (SDGs) mit insgesamt 169 Unterzielen geeinigt, die die Bundesregierung in der Neuauflage ihrer nationalen Nachhaltigkeitsstrategie 2016 übernommen hat.[26]

Aufgrund der Komplexität und Heterogenität der Nachhaltigkeitsdimensionen fällt die Konkretisierung von Einzelzielen, die Wahl von Instrumenten zur Zielerreichung und das Monitoring von Fortschritten in die Zuständigkeit unterschiedlicher Politikfelder – so ist z. B. die Sozialpolitik für Armutsreduktion zuständig, während die Verbesserung der Wasser- oder Luftqualität in den Verantwortungsbereich der Umweltpolitik fällt. Angesichts knapper Ressourcen gibt es hier in der politischen Praxis erhebliche Zielkonflikte.

Auswirkungen von Innovationen auf Nachhaltigkeitsziele ambivalent

Um die Ziele der nachhaltigen Entwicklung zu erreichen, sind Innovationen ein wichtiges Instrument. Technologische oder auch soziale Innovationen können den Umgang mit knappen Ressourcen effizienter gestalten, sodass neben höherem Wohlstand auch die natürliche Umwelt stärker geschont wird und es mehr Spielraum für sozialpolitisch erwünschte Umverteilung gibt. Dennoch können sich Innovationsprozesse ambivalent auf die verschiedenen Dimensionen von Nachhaltigkeit auswirken. Neuerungen technologischer oder sozialer Art haben nicht notwendigerweise nur positive ökologische Effekte, z. B. beim Einsatz von giftigen Substanzen in Photovoltaikmodulen.[27] Weiterhin können sie unerwünschte soziale Friktionen verursachen, beispielsweise wenn durch „kreative Zerstörung“ ein neues oder verbessertes Produkt dazu führt, dass ein anderes obsolet wird und damit auf individueller Ebene Arbeits- und Einkommensverluste einhergehen.

Eine Ex-Ante-Quantifizierung von Nachhaltigkeit ist zudem oft spekulativ. Innovationsprozesse sind inhärent ungewiss. Damit sind nicht nur ihre direkten Auswirkungen, sondern auch indirekte – zum Teil nicht beabsichtigte – Effekte für Mensch und Umwelt unsicher.[28] Unerwünschte Begleiteffekte einer Innovation werden ggf. erst mit deutlichem zeitlichen Abstand sichtbar, z. B. die Auswirkung von FCKW als Kühlmittel auf die Ozonschicht. Auch die konkrete Umsetzung bzw. Nutzung von Innovationen spielt eine wichtige Rolle.[29] So hängt die Klimabilanz eines Elektroautos davon ab, aus welchen Stromquellen es geladen wird.[30]

Nachhaltigkeitsbewertung von Innovation als normative Herausforderung

Für die Operationalisierung von Nachhaltigkeit bedarf es der Messbarkeit, Bewertung und Vergleichbarkeit von Nachhaltigkeitszielen. In der Vergangenheit hat die Wissenschaft einen wichtigen Beitrag dazu geleistet, Nachhaltigkeitsziele genauer zu definieren und den Grad der Erreichung einzelner Ziele mittels geeigneter Indikatoren messbar zu machen. Eine umfassende Nachhaltigkeitsbewertung bleibt jedoch eine normative Herausforderung, da nicht klar ist, wie mit den Zielkonflikten bei der integrativen Bewertung verschiedener Indikatoren umzugehen ist. Die in der Praxis verwendeten Nachhaltigkeitsindizes[31] (z. B. Ökologischer Fußabdruck, Index of Sustainable Economic Welfare, Happy Planet Index) lösen das Problem nicht. Im Gegenteil: Sie weisen ein hohes Maß an Inkonsistenzen auf und bergen damit ein hohes Risiko von Fehlinformation bzw. Fehlorientierung.[32]

Einen zumindest theoretisch konsistenten Rahmen für die Analyse bzw. den Umgang mit Zielkonflikten liefert die volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Analyse.[33] Auch sie löst aber die grundsätzliche Bewertungsproblematik nicht, weil es jenseits von methodisch-technischen Quantifizierungsproblemen (z. B. monetäre Bewertung von Biodiversität) divergierende Auffassungen zu ethischen Normen gibt.[34]

Ansätze zur Nachhaltigkeitsorientierung der F&I-Politik

Von einigen Nachhaltigkeitsforscherinnen und -forschern wird vorgeschlagen, die Innovationswirkungen einer fortlaufenden Voraussicht und Reflexion unter Einbeziehung verschiedener gesellschaftlicher Gruppen zu unterziehen.[35] So sollen diese Wirkungen möglichst frühzeitig antizipiert und bewertet werden. Unter dem Begriff „Responsible Research and Innovation“ (RRI)[36] wird dieser Ansatz mittlerweile auf EU-Ebene im Forschungsrahmenprogramm Horizont 2020 gefördert und findet auch schon in einigen europäischen Ländern Anwendung.[37] In Deutschland unterstützt das BMBF z. B. im Rahmen der Förderrichtlinie Innovations- und Technikanalyse (ITA) die Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Auswirkungen zukünftiger Entwicklungen.[38] Ein Vorteil dieser partizipativen Herangehensweise ist, dass es kein Innovationsvorhaben im Vorhinein ausschließt. Allerdings besteht die Gefahr, dass der Forschungsspielraum zu stark bzw. zu früh beschränkt wird.

F&I-Politik nicht mit Nachhaltigkeitsforderungen überfrachten

Vorrangiges Ziel der F&I-Politik ist, verschiedene Arten von Marktversagen im Innovationsprozess, die durch Wissens- und Adoptionsexternalitäten entstehen, zu beheben. Darüber hinausgehende Nebeneffekte von Innovationen fallen nicht in den originären Zuständigkeitsbereich der F&I-Politik. Vielmehr sollten sich entsprechende Politikfelder (z. B. Sozialpolitik, Umweltpolitik) arbeitsteilig mit ihnen befassen.[39]

In der politischen Praxis mag eine stringente Arbeitsteilung nicht immer umsetzbar sein. Beispielsweise wird oft eine verstärkte FuE-Förderung von umweltfreundlichen Innovationen gefordert, um negative Umweltexternalitäten auszugleichen.[40] Die Innovationspolitik darf aber nicht damit überfordert werden, Politikversagen in anderen Regulierungsbereichen kompensieren zu müssen.

Handlungsempfehlungen

Die Expertenkommission warnt davor, die F&I-Politik mit den Problemen einer systematischen Nachhaltigkeitsbewertung zu überfordern. Die Bewertung von und der Umgang mit Zielkonflikten entlang der vielen Kriterien für eine nachhaltige Entwicklung bleiben eine übergreifende gesellschaftspolitische Herausforderung. Vor diesem Hintergrund gibt die Expertenkommission folgende Handlungsempfehlungen:

– Staatliche F&I-Politik muss sich – über die Unterstützung von Grundlagenforschung hinaus – darauf konzentrieren können, F&I-Aktivitäten auf den Feldern der großen gesellschaftlichen Herausforderungen technologieoffen zu fördern.
– Durch Innovationen kann es zu Konflikten mit spezifischen Nachhaltigkeitszielen – wie Umweltqualität oder soziale Gerechtigkeit – kommen. Solche Zielkonflikte sind über die Koordination mit anderen Politikbereichen – wie der Umwelt- oder der Sozialpolitik – aufzufangen.
– Die sorgfältige Einbindung von verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen zur Identifizierung bzw. Bestätigung wichtiger gesellschaftlicher Herausforderungen ist als Leitplanke für eine staatliche F&I-Politik sinnvoll. Die Expertenkommission regt eine weitergehende Auseinandersetzung mit den theoretischen Grundlagen und praktischen Umsetzungsmöglichkeiten des Responsible-Research-and-Innovation-Ansatzes an.

A 3 Fachhochschulen im Wandel

Fachhochschulen (FHs) wurden vor 50 Jahren als eigenständiger Hochschultyp etabliert. Sie werden mittlerweile vielfach als Hochschulen für angewandte Wissenschaften (HAWs) oder als Hochschulen – z. B. Hochschule für Technik oder Hochschule für Wirtschaft – bezeichnet.

FHs/HAWs sind neben den Universitäten eine der beiden tragenden Säulen des deutschen Hochschulsystems (vgl. Box A 3-1).[41] Mit ihrem eigenständigen Profil haben sie wesentlich zur Weiterentwicklung des deutschen Innovationssystems beigetragen.

Zu den spezifischen Aufgaben der FHs/HAWs zählen laut Hochschulgesetzen der Länder vor allem die anwendungsbezogene Lehre und die anwendungsbezogene Forschung.[42] Darüber hinaus eröffnen FHs/HAWs wichtige Aufstiegsmöglichkeiten für Absolventinnen und Absolventen beruflicher Ausbildungsgänge. Dies ist einerseits für die Attraktivität der beruflichen Bildung wichtig und soll andererseits eine enge Verbindung von qualifizierten praktischen Fähigkeiten sowie von Wissen mit wissenschaftlichen Erkenntnissen und Methoden sicherstellen.[43]

Box A 3-1

Rückblick 50 Jahre FHs

Mit dem im Oktober 1968 unterzeichneten „Abkommen der Länder der Bundesrepublik Deutschland zur Vereinheitlichung auf dem Gebiet des Fachhochschulwesens" wurden Ingenieurschulen und vergleichbare Einrichtungen, etwa die Höheren Wirtschaftsfachschulen, dem Hochschulbereich zugehörig erklärt. Insbesondere zu Beginn der 1970er Jahre kam es zu einer Reihe von Neugründungen. Nach der Wiedervereinigung wurden auch in den neuen Bundesländern FHs/HAWs eingerichtet. Hier wurden Vorgängereinrichtungen – wie Ingenieurschulen, Hochschulen für Kunst oder Landwirtschaftshochschulen – in FHs/HAWs überführt. Sowohl in den neuen als auch in den alten Bundesländern erfolgten in den 1990er Jahren und nach der Jahrtausendwende zahlreiche Neugründungen.

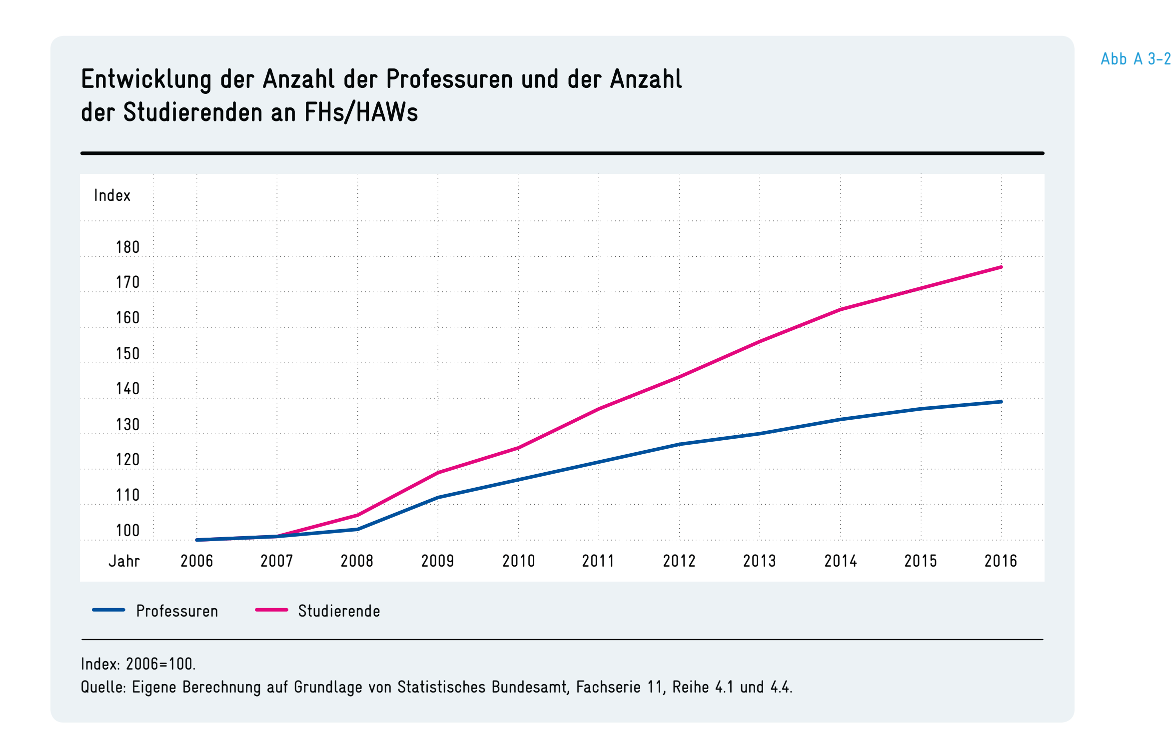
Im Jahr 2016 gab es in Deutschland insgesamt 217 staatlich anerkannte allgemeine FHs/HAWs,[44] an denen 960.000 Personen studierten.[45] Rund die Hälfte der FHs/HAWs befand sich in staatlicher Trägerschaft.[46] Die drei Fächergruppen mit den meisten Absolventinnen und Absolventen waren Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Ingenieurwissenschaften sowie Mathematik/Naturwissenschaften. Vermehrt werden zudem stärker spezialisierte Berufsbilder etabliert.[47]

Als Aufgabe der FHs wurde in dem oben erwähnten Abkommen die Vermittlung einer auf wissenschaftlicher Grundlage beruhenden Bildung genannt, die zu staatlichen Abschlussprüfungen führt und zur selbstständigen Tätigkeit im Beruf befähigt.

Spätestens in den 1990er Jahren haben die Bundesländer das Aufgabenspektrum der FHs/HAWs in Richtung Forschung und Entwicklung (FuE) ausgeweitet.[48] Heute gehören in allen Bundesländern neben der praxisorientierten Ausbildung der Studierenden auch anwendungsbezogene bzw. praxisnahe FuE sowie Wissens- und Technologietransfer zu den in den Hochschulgesetzen genannten Aufgaben.[49]

Im Zuge des Ende der 1990er Jahre angestoßenen Bologna-Prozesses haben sich die Qualifizierungsmöglichkeiten von Studierenden an FHs/HAWs erweitert.[50]

Abb A 3-2



Aktuelle Diskussionen kreisen um die Qualität der Lehre, um die Potenziale in der angewandten Forschung und im Erkenntnis- und Technologietransfer sowie um Schwierigkeiten bei der Personalgewinnung an FHs/HAWs. Besonders kontrovers wird außerdem diskutiert, inwieweit forschungsstarke Bereiche von FHs/HAWs mit dem Promotionsrecht ausgestattet werden sollten.

Hohe Bedeutung der FHs/HAWs für die (regionalen) Innovationssysteme

FHs/HAWs nehmen eine wichtige Rolle im F&I-System ein.[51] Eine empirische Analyse, die die Neugründung der FHs in der Schweiz in den 1990er Jahren für kausale Analysen heranziehen konnte, zeigt einen Anstieg in der Anzahl angemeldeter Patente im Umkreis der neugegründeten FHs von bis zu 14 Prozent relativ zu ansonsten vergleichbaren Regionen. Zudem steigt in den FH-Regionen auch die Qualität dieser Patente, also die Häufigkeit, mit der diese zitiert werden, um bis zu 4 Prozent an.[52] Da Studierende an FHs/HAWs die Hochschulzugangsberechtigung oft in dem Kreis erworben haben, in dem sie auch studieren, können dementsprechend durch die Etablierung von FHs/HAWs die regional verfügbaren Humanressourcen stärker für F&I-Aktivitäten eingesetzt werden.[53]

Im Rahmen einer im Auftrag der Expertenkommission durchgeführten Studie auf Basis der Mikrozensus-Erhebungen zeigt sich für Deutschland,[54] dass FH/HAW-Absolventinnen und -Absolventen in ähnlichem Maße für F&I-Aktivitäten eingesetzt werden wie Universitätsabsolventinnen und -Absolventen. Im Untersuchungszeitraum von 2000 bis 2011 übten rund 24 Prozent der FH/HAW-Absolventinnen und -Absolventen überwiegend F&I-Aktivitäten am Arbeitsplatz aus – d. h. Tätigkeiten im Bereich „Forschen, Entwerfen, Konstruieren, Gestalten von Produkten, Plänen und Programmen“.[55] Darüber hinaus ergab eine Erhebung zum wissenschaftlichen Forschungspersonal, dass forschende Unternehmen für 46 Prozent der im Bereich des wissenschaftlichen Personals zu besetzenden Stellen FH-/HAW-Absolventinnen und -Absolventen suchen – 18 Prozent mit Bachelor- und 28 Prozent mit Master-Abschluss.[56]

Wachsender Anteil von Studierenden an FHs/HAWs

Zentrale Aufgabe der FHs/HAWs in der Lehre ist eine Ausbildung, die zur Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden oder zu künstlerischer Tätigkeit in der beruflichen Praxis befähigt.[57] Demgegenüber soll die universitäre Lehre die Studierenden in stärkerem Maße dazu befähigen, neue

Erkenntnisse zu generieren und neue wissenschaftliche Methoden zu entwickeln. Da davon auszugehen ist, dass die Mehrzahl aller Hochschulabsolventinnen und -absolventen keine selbstständige wissenschaftliche Tätigkeit ausüben wird, erscheint es bedarfsgerecht, wenn ein größerer Teil der Studierenden an FHs/HAWs eingeschrieben ist, die zur praktischen Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden befähigen. Der im Zuge der Bildungsexpansion gestiegene Anteil der Studierenden an FHs/HAWs ist vor diesem Hintergrund plausibel.

Der Wissenschaftsrat konstatiert, dass das überproportionale Wachstum des FH-/HAW-Sektors im Zuge der Expansion des Hochschulsystems seinen wiederholten Empfehlungen entspricht, „wenngleich das Ausbauziel – gemessen an Nachfrage und Bedarf – augenscheinlich noch nicht erreicht ist".[58] Die Expertenkommission spricht sich vor diesem Hintergrund dafür aus, bei einem demografisch bedingten zu erwartenden Rückgang der Anzahl der Studienanfängerinnen und -anfänger[59] die gestiegenen Kapazitäten an FHs/HAWs zu erhalten bzw. den Anteil der FH-/HAW-Studierenden weiter zu erhöhen und gleichzeitig den Anteil der an Universitäten eingeschriebenen Studierenden zu reduzieren.

Die Lehre an FHs/HAWs zeichnet sich durch kleinere Lerngruppen als an Universitäten und durch mehrheitlich professorale Lehre aus.[60] Auch bei einer Erhöhung der Studierendenzahlen sollte diese Besonderheit der Lehre erhalten werden. Allerdings ist in den vergangenen Jahren die Anzahl der Studierenden wesentlich stärker gestiegen als die Anzahl der Professuren (vgl. Abbildung A 3-2). Die Betreuungsrelation an FHs/HAWs hat sich von 39 Studierenden pro Professur im Jahr 2006 auf 50 Studierende pro Professur im Jahr 2016 verschlechtert. In den vergangenen Jahren stiegen auch die Studienabbruchquoten an FHs/HAWs an – im Bachelor- und im Masterstudium.[61]

Zunehmende Bedeutung von angewandter Forschung sowie Erkenntnis- und Technologietransfer

Neben der Lehre gehören heute auch Forschungs- und Transferaktivitäten zu den bedeutenden Aufgaben der FHs/HAWs.[62] Die Höhe der eingeworbenen Drittmittel – als ein Indikator für die Forschungsaktivitäten an FHs/HAWs – ist in den letzten Jahren deutlich angewachsen, auch wenn am aktuellen Rand eine Stagnation zu verzeichnen ist.[63] Hervorzuheben ist hierbei die Entwicklung der vom Bund bereitgestellten Drittmittel (vgl. hierzu auch Box A 3-3). Sie waren mit 246,2 Millionen Euro im Jahr 2015 fast fünfmal so hoch wie im Jahr 2006. Damit stieg der Anteil des Bundes an den gesamten von den FHs/HAWs eingeworbenen Drittmitteln von knapp 25 Prozent im Jahr 2006 auf 43 Prozent im Jahr 2015. Der Anteil der gewerblichen Wirtschaft sank im selben Zeitraum von knapp 34 Prozent auf 22 Prozent. Absolut gesehen war jedoch auch hier ein Aufwuchs zu verzeichnen.

Die FHs/HAWs verfügen meist über eine zentrale Einrichtung als Koordinations- und Dienstleistungseinheit für Forschung.[64] Deren Aufgabe ist es, forschende Professorinnen und Professoren bei der Anbahnung, Antragstellung und Abwicklung von Projekten zu unterstützen. Detaillierte Informationen dazu, inwieweit Transferdienstleistungen in den Budgets verankert sind, liegen der Expertenkommission nicht vor.

Im Rahmen der Begleitforschung zum Programm „Forschung an Fachhochschulen" wurden FH-/HAW-Leitungen danach befragt, welche Maßnahmen die Rahmenbedingungen für Forschung an FHs/HAWs nachhaltig verbessern. Es zeigt sich, dass die FH-/HAW-Leitungen eine Erhöhung der Grundfinanzierung für Forschung, eine bessere Ausstattung für Forschung sowie die Reduktion der Lehrverpflichtung der Professorinnen und Professoren für zielführend halten.[65]

FH-Professuren im Spannungsverhältnis zwischen Praxis und Wissenschaft

Neben der pädagogischen Eignung und der Befähigung zur wissenschaftlichen Arbeit wird bei der Berufung von FH-/HAW-Professorinnen und -Professoren in der Regel eine mehrjährige Berufserfahrung außerhalb des Hochschulsbereichs vorausgesetzt.[66] Deshalb konkurrieren FHs/HAWs bei der Rekrutierung – vor allem im MINT-Bereich – mit privaten Unternehmen und teilweise auch mit anderen öffentlichen Organisationen.[67] Dabei sind zwar die Möglichkeiten der FHs/HAWs in Bezug auf die Besoldungshöhe beschränkt, jedoch bieten sie den Professorinnen und Professoren Gestaltungsspielräume im Hinblick auf die Art und Zusammensetzung der Tätigkeiten und Arbeitszeitaufteilungen sowie Kooperationsmöglichkeiten mit Unternehmen. Rekrutierungsprobleme[68] müssen im Rahmen dieses Spannungsfelds zwischen wissenschaftlicher Befähigung und Berufserfahrung gelöst werden, und zwar durch eine angemessene

Box A 3-3

Maßnahmen zur Förderung der Forschung sowie des Erkenntnis- und Technologietransfers an FHs/HAWs

„Forschung an Fachhochschulen"

Auf Basis der Bund-Länder-Vereinbarung über die Förderung der angewandten Forschung und Entwicklung an Fachhochschulen vom Juni 2013 führt das BMBF in den Jahren 2014 bis 2018 das erstmalig im Jahr 2006 aufgelegte Programm „Forschung an Fachhochschulen" fort.[69] Zweck des Programms ist laut Bund-Länder-Vereinbarung „die Förderung der Fachhochschulforschung und des Ingenieurnachwuchses, die es den Fachhochschulen ermöglicht, zum Nutzen der Wirtschaft ihr Potenzial und spezifisches Profil in der angewandten Forschung nachhaltig zu entwickeln und die forschungsorientierte Ausbildung des Ingenieurnachwuchses voranzubringen".[70] Zentrale Ziele sind die Beförderung des Wissens- und Technologietransfers durch Kooperationen mit Praxispartnern sowie eine Intensivierung der Verzahnung von Lehre und Forschung durch forschungsnahe Qualifizierung in den FuE-Projekten.[71] Im Rahmen des Programms unterstützt das BMBF die angewandte Forschung in den Ingenieur-, Natur- und Wirtschaftswissenschaften sowie im Bereich der Sozialen Arbeit, Pflege- und Gesundheitswissenschaften.[72]

Die Haushaltsansätze für das Programm „Forschung an Fachhochschulen" erhöhten sich von 42 Millionen Euro für das Jahr 2014 auf 55 Millionen Euro für das Jahr 2017.[73]

„Innovative Hochschule"

Bund und Länder schlossen im Juni 2016 die Verwaltungsvereinbarung zur Förderung des forschungsbasierten Ideen-, Wissens- und Technologietransfers an deutschen Hochschulen „Innovative Hochschule" auf der Grundlage von Art. 91b Abs. 1 GG. Das Programm richtet sich vor allem an FHs/HAWs sowie an kleine und mittlere Universitäten. Ihnen soll ermöglicht werden, ihr Profil im Ideen-, Wissens- und Technologietransfer strategisch weiterzuentwickeln und umzusetzen.[74]

Gefördert werden „Vorhaben zur Umsetzung der Transferstrategie für die Profilierung der gesamten Hochschule oder in thematischen Schwerpunkten im Ideen-, Wissens- und Technologietransfer".[75] Antragsberechtigt sind staatliche Hochschulen; eine gemeinsame Antragstellung mehrerer Hochschulen als Verbund ist möglich.[76] Insgesamt werden für die Förderinitiative bis zu 550 Millionen Euro für zehn Jahre zur Verfügung gestellt, die zu 90 Prozent vom Bund und zu 10 Prozent vom jeweiligen Sitzland finanziert werden.[77] Sofern Anträge in ausreichend hoher Qualität vorliegen, müssen mindestens die Hälfte der Förderfälle und die Hälfte der Fördermittel auf FHs/HAWs oder Verbünde unter Koordination einer FH/HAW entfallen. Eine von zwei Auswahlrunden wurde bereits im Jahr 2017 durchgeführt.[78] Mehrheitlich wurden FHs/HAWs zur Förderung ausgewählt.[79]

„Projektakademien"

Die DFG fördert für die Dauer von bis zu zwei Jahren angelegte Projektakademien, deren Ziel es ist, FH-/HAW-Professorinnen und -Professoren einen Einstieg in die Durchführung von DFG-finanzierten Forschungsprojekten zu ermöglichen.[80] Die Einrichtung einer Projektakademie kann von ausgewiesenen und in der Einwerbung von Drittmitteln erfahrenen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern an FHs/HAWs, Universitäten und anderen Forschungseinrichtungen beantragt werden. Im Rahmen einer Projektakademie können bis zu zwei projektbezogene Workshops beantragt werden, in denen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer in einen wissenschaftlichen Austausch treten und auf die Antragstellung bei der DFG vorbereitet werden.

Die Koordinatorin bzw. der Koordinator schreibt die Teilnahme an der Projektakademie öffentlich und überregional aus. Bewerben können sich FH-/HAW-Professorinnen und -Professoren, deren erste Berufung nicht länger als sechs Jahre zurückliegt. Dabei haben sie ihr Forschungsinteresse auf dem Gebiet der Projektakademie darzulegen und zu begründen.[81] Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer einer Projektakademie können, aufbauend auf den dort gewonnenen Erfahrungen, Mittel zur Durchführung von Pilotstudien oder von ersten Vorarbeiten beantragen, die sie dann in die Lage versetzen sollen, Anträge auf Förderung von Forschungsprojekten im Einzelverfahren der DFG einzureichen.

Abwägung der Prioritäten bei der Besetzung von Professuren. Hierbei sollte die außerhalb des Hochschulbereichs erworbene berufliche Praxis als Alleinstellungsmerkmal der FH-/HAW-Professorinnen und -Professoren am wenigsten zur Disposition stehen.

Der Wissenschaftsrat hat im Jahr 2016 Maßnahmen zur Verbesserung der Bewerberlage bei FH-/HAW-Professuren erarbeitet.[82] Er empfiehlt u. a., verstärkt Schwerpunktprofessuren[83] mit einem reduzierten Lehrdeputat auszuweisen, Teilzeitprofessuren und gemeinsame Professuren mit außerhochschulischen Partnern zu ermöglichen sowie potenzielle Kandidatinnen und Kandidaten frühzeitig anzusprechen und an die FH/HAW zu binden. Des Weiteren schlägt der Wissenschaftsrat karrierebegleitende Maßnahmen und Unterstützungsstrukturen vor. Dazu gehören beispielsweise Tandem-Programme,[84] die nach Möglichkeit in Kooperationsplattformen[85] eingebunden werden sollen.

Der Senat der Hochschulrektorenkonferenz hat sich im Jahr 2016 dafür ausgesprochen, ein Bund-Länder-Programm zur Gewinnung von Professorinnen und Professoren an FHs/HAWs aufzulegen.[86] Über die Förderung der FHs/HAWs soll in einem wettbewerblichen Verfahren entschieden werden, im Rahmen dessen die einzelnen FHs/HAWs ihre Strategien und die daraus abgeleiteten Maßnahmen konkretisieren.

Promotionsmöglichkeiten für FH-/HAW-Absolventinnen und -Absolventen

Alle Landeshochschulgesetze ermöglichen FH-/HAW-Absolventinnen und -Absolventen einen grundsätzlichen Zugang zur Promotion.[87] Kooperative Promotionsverfahren – also solche, bei denen Universitäten und FHs/HAWs zusammenarbeiten, das Promotionsrecht aber nach wie vor bei den Universitäten liegt – sind mittlerweile in allen Landeshochschulgesetzen verankert. Sowohl in den Landeshochschulgesetzen als auch in der Praxis können unterschiedliche Modelle der Zusammenarbeit identifiziert werden. Darüber hinaus wurden unterschiedliche Maßnahmen entwickelt, um die kooperative Promotion zu fördern.[88] Es besteht Konsens darüber, dass die kooperative Promotion weiter gestärkt werden muss.[89]

Kontrovers wurde in den letzten Jahren diskutiert, ob FHs/HAWs ein eigenständiges Promotionsrecht für forschungsstarke Bereiche erhalten sollen.[90] Bisher waren nur Universitäten mit dem Promotionsrecht ausgestattet. In einigen Bundesländern hat der Gesetzgeber zwar jüngst diese Exklusivität etwas eingeschränkt,[91] aber nur Hessen hat derzeit von der gesetzlichen Möglichkeit Gebrauch gemacht, das Promotionsrecht an FHs/HAWs zu verleihen. Hier wurden bis zum Ende des Jahres 2017 vier Promotionszentren genehmigt.[92] Die Folgen dieser Entwicklung können naturgemäß noch nicht empirisch erfasst und bewertet werden.

Während die Stimmen für ein eigenständiges Promotionsrecht der FHs/HAWs darin für die FHs/HAWs die Möglichkeit sehen, „ihre Kernaufgaben in Lehre, Forschung und Transfer zur Stärkung der Innovationsfähigkeit der Gesellschaft unter gesicherten Rahmenbedingungen besser zu erfüllen“,[93] sehen die Kritikerinnen und Kritiker des Vorschlags die Gefahr, dass die Verleihung des Promotionsrechts an FHs/HAWs zu „einer Nivellierung der verschiedenen Hochschularten, einer Verwischung ihrer unterschiedlichen Aufgaben […] und damit zu einer Schwächung des deutschen Wissenschaftssystems insgesamt“[94] führen würde. Es besteht zudem die Befürchtung, dass sich ein eigenständiges Promotionsrecht der FHs/HAWs negativ auf die Qualität und das Ansehen der Promotion insgesamt auswirkt.[95] Die Expertenkommission teilt diese Sorgen.

Handlungsempfehlungen

Die Expertenkommission betont, dass die FHs/HAWs eine sehr wichtige Rolle sowohl im deutschen Hochschul- als auch im Innovationssystem einnehmen. Sie empfiehlt, dass sowohl die FHs/HAWs als auch die Universitäten ihre eigenständigen Profile erhalten und diese jeweils entsprechend den sich im Zeitverlauf wandelnden Anforderungen spezifisch weiterentwickeln.

- Die bestehende Aufteilung der Studierenden auf FHs/HAWs und Universitäten hält die Expertenkommission derzeit für nicht bedarfsgerecht. Der Anteil der an Universitäten eingeschriebenen Bachelor-Studierenden ist im Vergleich zu den an FHs/HAWs eingeschriebenen Studierenden zu hoch, d. h., in Zukunft sollte ein größerer Anteil der Bachelor-Studierenden an FHs/HAWs studieren. Dafür benötigen die FHs/HAWs eine angemessene Personalausstattung.
- FHs/HAWs benötigen generell eine bessere Grundfinanzierung, die es ihnen erlaubt, ihren Aufgaben im Hinblick auf Lehre, Forschung sowie Erkenntnis- und Technologietransfer an-

gemessen nachzukommen. Hier sind vor allem die Bundesländer gefordert. Zudem empfiehlt die Expertenkommission Bund und Ländern erneut, ein Nachfolgeprogramm für den Hochschulpakt zu initiieren, in dessen Rahmen der Bund die Länder weiterhin bei der Finanzierung der Hochschullehre, gerade auch an den FHs/HAWs, unterstützt.[96]

- Die Expertenkommission befürwortet die Zielrichtung der Programme „Forschung an Fachhochschulen“ und „Innovative Hochschule“, um die Innovationsbeiträge von FHs/HAWs zu stärken. Diskussionen um eine Ausweitung bzw. Neuaufstellung der Förderung der anwendungsbezogenen Forschung sowie des Erkenntnis- und Technologietransfers[97] erscheinen nach Auffassung der Expertenkommission derzeit verfrüht. Das Leistungspotenzial der FHs/HAWs kann nur schrittweise erhöht werden. Perspektivisch können sich die FHs/HAWs auch vermehrt an den Fachprogrammen des Bundes beteiligen.
- Die formalen Berufungsvoraussetzungen für FH-/HAW-Professuren – nämlich die pädagogische Eignung und die besondere Befähigung zur wissenschaftlichen Arbeit mit Erfahrungen aus der beruflichen Praxis zu kombinieren – sollten nach Überzeugung der Expertenkommission beibehalten werden. Das Kriterium der Berufspraxis fördert an FHs/HAWs die Anwendungsorientierung der Lehre sowie der Forschung und bietet Anknüpfungspunkte für den Erkenntnis- und Technologietransfer.
- Um derzeit bestehenden Problemen bei der Gewinnung von FH-/HAW-Professorinnen und -Professoren zu begegnen, sind geeignete Maßnahmen der Personalgewinnung und -entwicklung zu ergreifen, die mit den spezifischen Zielsetzungen der FHs/HAWs kompatibel sein müssen. Die Expertenkommission spricht sich dafür aus, mit den vom Wissenschaftsrat vorgeschlagenen Instrumenten zu experimentieren und die Erfahrungen systematisch zu sammeln sowie auszuwerten. Sie befürwortet es, ein Bund-Länder-Programm aufzulegen, das den Aufbau von geeigneten Strukturen für die Personalgewinnung und -entwicklung an FHs/HAWs sowie die Identifikation von Best-Practice-Beispielen fördert.
- Die Expertenkommission hat wiederholt auf die Vorteile eines zweigliedrigen Bildungssystems mit hoher Durchlässigkeit hingewiesen und begrüßt den generellen Zugang von FH-/HAW-Absolventinnen und -Absolventen zur Promotion. Sie sieht vor diesem Hintergrund die Lösung aber nicht in einem eigenständigen Promotionsrecht der FHs/HAWs, sondern in der Stärkung von kooperativen Promotionen mit Universitäten. Eine Stärkung der kooperativen Promotion fördert gleichzeitig den Austausch zwischen den beiden Pfeilern des Forschungssystems und trägt zu einer erhöhten Durchlässigkeit im Bildungssystem bei. Das Promotionsrecht selbst sollte nach Auffassung der Expertenkommission deshalb weiterhin exklusiv bei den Universitäten liegen. Sie empfiehlt, kontinuierlich zu beobachten und zu evaluieren, wie sich die zunehmend genutzten verschiedenen Modelle der kooperativen Promotion und ihre Förderung entwickeln. Derweil sollte nach Auffassung der Expertenkommission die bewährte Arbeitsteilung zwischen Universitäten und FHs/HAWs beibehalten und keine weiteren FHs/HAWs mit einem eigenständigen Promotionsrecht ausgestattet werden.

A 4 Digitale Bildung

Digitalkompetenzen als Voraussetzung für Innovation und Produktivitätswachstum

Digitale Technologien auf Basis von künstlicher Intelligenz, Big Data oder Cloud Computing sowie die damit verbundenen disruptiven Geschäftsmodelle stellen Deutschlands bisherige Spezialisierungsvorteile in Frage (vgl. Kapitel B 3). Internetbasierte Sharing- und On-Demand-Dienstleistungen wie Netflix (Video on Demand), Spotify (Musik-Streaming) oder Uber (Vermittlung von Personenbeförderung) sind Beispiele für solche Geschäftsmodelle. Im Zuge dieser Entwicklung sind Fähigkeiten in Software- und Algorithmenentwicklung bzw. entsprechend qualifizierte Fachkräfte wichtige Voraussetzungen für Produktivitätswachstum und Innovation in etablierten und neuen Branchen geworden.

Dabei wird der zukünftige Bedarf mit dem Begriff IT-Fachkräfte (vgl. Box A 4-1) nur bedingt erfasst. Ein Beispiel ist die sich schnell am Arbeitsmarkt etablierende Gruppe der Datenwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler, die in der offiziellen Klassifikation der Berufe bislang nicht berücksichtigt werden.[98] Ein einseitiger Fokus auf IT-Fachkräfte nach etablierten Definitionen ist mit Blick auf die Entwicklungen der Internetwirtschaft nach Ansicht der Expertenkommission daher nicht zielführend.

Die Expertenkommission hat wiederholt auf die verstärkte Vermittlung von Kompetenzen im Umgang mit digitalen Technologien – kurz: digitale Bildung – gedrängt.[99] Digitale Schlüsselkompetenzen, d. h. alle computer-, daten- und IT-bezogenen Kompetenzen (vgl. Box A 4-2), sind eine wichtige Grundlage, um digitale Technologien sinnvoll einsetzen zu können. Zudem ist in vielen Berufen inzwischen auch die Fähigkeit zur Erstellung von Software erforderlich. Allerdings reicht ein Fokus auf Software allein nicht aus – vielmehr ist eine Verschränkung mit anderen Fähigkeiten nötig. In jedem Fall muss das Angebot

Box A 4-1

Begriffsklärung: IT-Fachkräfte und Datenwissenschaftlerinnen bzw. -wissenschaftler

Eine IT-Fachkraft ist eine Fachkraft, die einen IT-Beruf ausübt. IT-Berufe sind gemäß der Klassifikation der Berufe (KldB)[100] alle Informatik-, Informations- und Kommunikationstechnologieberufe. Hierzu zählen die folgenden Berufsgruppen:

- Informatik (u. a. mit technischer Informatik, Wirtschafts-, Medien-, Bio- und Medizininformatik); Anzahl der Erwerbstätigen (2015): 192.200
- IT-Systemanalyse, IT-Anwendungsberatung und IT-Vertrieb; Anzahl der Erwerbstätigen (2015): 148.100
- IT-Netzwerktechnik, IT-Koordination, IT-Administration und IT-Organisation; Anzahl der Erwerbstätigen (2015): 144.500
- Softwareentwicklung und Programmierung; Anzahl der Erwerbstätigen (2015): 171.100[101]

Datenwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler (Data Scientists) werden von der KldB 2010 nicht gesondert erfasst. Sie generieren aus großen Datenmengen Informationen und erarbeiten Handlungsempfehlungen, mit denen Effizienz- und Innovationspotenziale erschlossen werden. Die dabei verwendeten Analysewerkzeuge und Algorithmen basieren auf grundlegenden Statistik- und Informatikkenntnissen. Diese müssen wiederum mit domänenspezifischen Kompetenzen in den jeweiligen Anwendungsbereichen kombiniert werden.

Box A 4-2

Digitale Schlüsselkompetenzen

Eine verbindliche Definition digitaler Schlüsselkompetenzen existiert nicht. Es gibt aber eine hilfreiche Definition der ICILS (International Computer and Information Literacy Study)[102], einer internationalen Vergleichsstudie zu Schülerinnen und Schülern der 8. Jahrgangsstufe. Die Studie orientiert sich am Konzept der technologiebasierten Problemlösungskompetenz, wie es im Rahmen der OECD-Studie PIAAC bei Jugendlichen und Erwachsenen im Alter zwischen 16 und 65 Jahren angewendet wird.[103] ICILS definiert computer- und informationsbezogene Kompetenzen im Sinne eines funktionalen Alphabetismus-Ansatzes.[104] Es beschreibt die individuellen Fähigkeiten einer Person, „die es ihr erlauben, Computer und neue Technologien zum Recherchieren, Gestalten und Kommunizieren von Informationen zu nutzen und diese zu bewerten, um am Leben im häuslichen Umfeld, in der Schule, am Arbeitsplatz und in der Gesellschaft erfolgreich teilzuhaben".[105] Informationsbezogene Kompetenzen werden dazu in zwei Teilbereiche gegliedert: Teilbereich I: Informationen sammeln und organisieren sowie Teilbereich II: Informationen erzeugen und austauschen.[106]

Teilbereich I: Informationen sammeln und organisieren
- Über Wissen zur Nutzung von Computern verfügen
- Auf Informationen zugreifen und Informationen bewerten
- Informationen verarbeiten und organisieren

Teilbereich II: Informationen erzeugen und austauschen
- Informationen umwandeln
- Informationen erzeugen
- Informationen kommunizieren und austauschen
- Informationen sicher nutzen

Im Rahmen der nächsten Erhebung im Jahr 2018 wird ICILS als Zusatzoption auch den Kompetenzbereich Computational Thinking erfassen. Computational Thinking beschreibt die individuelle Fähigkeit einer Person, eine Problemstellung zu identifizieren und abstrakt zu modellieren, sie dabei in Teilprobleme oder -schritte zu zerlegen, Lösungsstrategien zu entwerfen und auszuarbeiten und diese formalisiert so darzustellen, dass sie von einem Menschen oder auch einem Computer verstanden und ausgeführt werden kann.[107]

qualifizierter Arbeitskräfte durch verbesserte digitale Bildung an den Schulen und Hochschulen, in der dualen Berufsausbildung und der Weiterbildung erhöht werden. Zudem muss digitale Bildung Schülerinnen und Schüler schon möglichst früh in die Lage versetzen, mit persönlichen Daten verantwortungsbewusst umzugehen.

Hoher Bedarf an Fachkräften für die digitale Transformation

Der Bedarf an Fachkräften, die den digitalen Wandel aktiv gestalten, ist hoch. Dabei erlaubt die Verwendung von Statistiken zu IT-Fachkräften im engeren Sinne nur eine konservative Abschätzung, da sich neu entwickelnde Berufsgruppen wie die der Datenwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler in diesen Statistiken bisher nicht erfasst werden. Aber allein die auf IT-Fachkräfte im engeren Sinne bezogenen Zahlen sind eindeutig: Laut einer Umfrage beklagten Ende 2016 bereits 70 Prozent der deutschen Unternehmen einen wachsenden IT-Fachkräftemangel. Demnach waren 51.000 Stellen für IT-Fachkräfte unbesetzt, etwa 20 Prozent mehr als im Vorjahr und 35 Prozent mehr als im Durchschnitt der vorangegangenen neun Jahre.[108] Darüber hinaus stieg die Anzahl ausgeschriebener Stellen für IT-Fachkräfte zwischen August 2016 und August 2017 ebenfalls um 20 Prozent.[109] Gemäß der Analyse eines Online-Jobportals ist zudem jede dritte IT-Stelle länger als 60 Tage ausgeschrieben und offenbar nur schwer zu besetzen.[110] Die Bundesagentur für Arbeit sieht einen Fachkräftemangel insbesondere bei der Softwareentwicklung und der IT-Anwendungsberatung.[111]

Bei einer aktuellen Umfrage speziell unter IT-Rekrutierenden und HR-Beauftragten aus 200 Unternehmen der Informations- und Telekommunikationsbranche gaben 41 Prozent der Befragten an, nicht genügend Kandidatinnen bzw. Kandidaten für freie Positionen zu finden.[112] Besonders nachgefragt waren den Umfrageergebnissen zufolge Webentwicklerinnen bzw. -entwickler.

Digitale Bildung an deutschen Schulen setzt zu spät ein

Das Schulfach Informatik, sofern überhaupt angeboten,[113] wird in Deutschland frühestens ab der Sekundarstufe I unterrichtet. Zudem sind IT-Ausstattung und -Wartung sowie Internetzugänge an vielen Schulen, trotz eines leicht positiven Trends in den letzten Jahren, verbesserungswürdig.[114] Auch die didaktische Weiterbildung der Lehrenden im Hinblick auf die sich stetig wandelnden IT-Inhalte ist bislang kaum hinreichend in den Fokus genommen worden. Fort- und Weiterbildungsaktivitäten von Lehrenden zur Nutzung digitaler Medien im Unterricht sind im internationalen Vergleich unterdurchschnittlich ausgeprägt.[115]

Dagegen steht beispielsweise in Großbritannien das Fach Computing bereits ab der Grundschule auf dem Lehrplan.[116] Es löste 2014 das bereits seit vielen Jahren bestehende Pflichtfach ICT (Information and Communications Technology) ab, innerhalb dessen vorrangig Office-Anwendungen (beispielsweise Microsoft-Office-Anwendungen wie Excel, Word, PowerPoint) gelehrt wurden. Unterstützung erfährt das neue Unterrichtsfach in Großbritannien durch Wirtschaftsakteure wie Google, die Bedarf an technisch ausgebildetem Nachwuchs haben. Zudem fördert die britische Luftwaffe programmierbare Lego-Roboter und die BBC verteilt an Schulen sogenannte micro:bit-Computer, finanziert von der Barclays Bank und Samsung. Großbritannien hat auch den Einsatz von kostengünstigen Rechnersystemen wie dem Raspberry Pi forciert, mit dem sich für weniger als 30 Euro internetfähige Rechnersysteme erstellen lassen.[117] Auf Plattformen mit offenem Zugang werden Lehrmaterialen für solche Systeme angeboten.[118] Wettbewerbe für Schülerinnen und Schüler fördern zudem die Verbreitung.

In Deutschland gibt es dagegen bislang nur zögerliche, vorrangig privatwirtschaftlich initiierte und größtenteils unsystematische Bestrebungen in diese Richtung. So sollen Grundschulkinder mit dem Kleinstcomputer Calliope mini im Fach Digitalkunde lernen, wie Computer funktionieren.[119] Seit Februar 2017 ist das Saarland das erste Bundesland, in dem Calliope mini flächendeckend eingesetzt werden. Weitere Länder (Berlin, Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen) statten Pilotschulen mit den Geräten aus. Die Expertenkommission begrüßt diese Bemühungen zwar ausdrücklich, mahnt jedoch an, die Dynamik deutlich zu erhöhen. Darüber hinaus müssen zügig begleitende Lehrpläne erarbeitet werden, die als Hilfen für die Landesministerien sowie für Lehrende und Lernende dienen können.

Kleinstcomputer wie der Calliope mini oder der Raspberry Pi stellen zudem nur einen – wenn auch wichtigen – Teil der dringend erforderlichen IT-Ausstattung an Schulen dar. Hinzu kommen leistungsfähige Breitband-Internetzugänge, spezielle Lernsoftware, -plattformen und -medien sowie vielfältige weitere internetbasierte Dienste. Für eine angemessene IT-Ausstattung der Schulen in Deutschland werden laut einer aktuellen Studie[120] jährlich 2,8 Milliarden Euro benötigt – was Länder und Kommunen überfordern dürfte. Nach Einschätzung der Studienverfasser reichen selbst die im Rahmen des geplanten DigitalPakt Schule[121] (vgl. S. 36) veranschlagten fünf Milliarden Euro für den Aufbau digitaler Infrastrukturen an Schulen sowie entsprechende Begleitmaßnahmen bei Weitem nicht aus. Die Expertenkommission teilt diese Ansicht. Sie weist ferner darauf hin, dass der Aufbau digitaler Infrastrukturen an Schulen zwingend mit einem verstärkten Engagement der Lehrkräfte und mehr Lehreraus- und -weiterbildung einhergehen muss. Da die Bereitstellung qualifizierter Lehrkräfte über den regulären Weg der Lehrerbildung oder Weiterbildung sehr zeitaufwendig ist, könnten absehbare Engpässe bei qualifiziertem Lehrpersonal über die vermehrte Einstellung von Quereinsteigerinnen und Quereinsteigern entschärft werden.[122]

Programmierkompetenzen für IT-Ausbildungen unerlässlich

Die Expertenkommission hat das deutsche System der dualen Berufsausbildung vielfach gelobt. Einer seiner wichtigsten Vorteile liegt in der kontinuierlichen Anpassung der Berufsinhalte an den technologischen Wandel.[123] Der DIHK hat die IT-Berufe[124] zuletzt im Dezember 2016 vom Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) auf Modernisierungsbedarfe überprüfen lassen.[125] Dabei wurde angeregt, Themen aus dem Bereich IT-Sicherheit (Datensicherheit, -verfügbarkeit, -integrität und -schutz inklusive rechtlicher Aspekte) deutlich zu stärken und mehr produktionsnahe Inhalte (u. a. Robotik, Sensorik, 3D-Druck und Virtualisierung) in der Ausbildung zu verankern. Ferner empfiehlt das BIBB, die IT-Berufsbezeichnungen zu überprüfen und ggf. zu ändern, um die Berufsprofile für weibliche Auszubildende attraktiver zu machen.[126] Noch nicht aufgegriffen wurden neue Anforderungen im Bereich des maschinellen Lernens und der künstlichen Intelligenz.

Als potenziell problematisch wurde die mangelnde Passung der im Berufsschulunterricht vermittelten Inhalte zu den betrieblichen Anforderungen gesehen. Innerhalb einer repräsentativen Umfrage bewerteten

lediglich knapp 15 Prozent der Auszubildenden in IT-Berufen die berufsschulischen Inhalte als gut bis sehr gut passend zu den betrieblichen Anforderungen.[127]

Nach Einschätzung der Expertenkommission ist die frühzeitige Entwicklung technologieoffener Programmier- und Systemkompetenzen sowohl für Lehrende als auch für Lernende besonders wichtig. Zudem wächst die Bedeutung der Weiterbildung – ein Bereich, der in Deutschland weniger gut entwickelt ist als die Erstausbildung.

Außerdem muss in allen, nicht nur in IT-Berufen, geprüft werden, welche Digitalkompetenzen in Zukunft gebraucht werden. Diese Kompetenzen müssen umgehend in die Curricula eingebaut werden. Bei der Ausarbeitung der Curricula gilt es, insbesondere die Erfahrungen der technologisch jeweils führenden Unternehmen mit einzubeziehen.[128]

Wachsende Bedeutung der Informatik an Hochschulen

Im Studienjahr 2015/2016 immatrikulierten sich fast 69.000 Studierende in Studienfächern mit Informatikbezug (Studierende 1. Fachsemester, ohne Lehramt).[129] Das waren 7 Prozent mehr als ein Jahr zuvor. Der Frauenanteil unter den Studienanfängern steigt seit 2007 leicht, aber kontinuierlich an. Nach 17 Prozent im Jahr 2007 betrug er 2015 etwa 25 Prozent – aus Sicht der Expertenkommission eine erfreuliche, aber noch nicht ausreichende Entwicklung.[130] 51 Prozent der Absolventinnen und Absolventen von Informatik-Studiengängen legten ihre Prüfung an Fachhochschulen ab, 49 Prozent an Universitäten.

Zu den Studienfächern mit Informatikbezug zählen neben Informatik selbst auch solche Fächer, die zwecks Verschränkung anderer Disziplinen mit IT-Inhalten eingeführt wurden. Hierzu gehören beispielsweise Wirtschaftsinformatik, Bioinformatik, Ingenieurinformatik (häufig auch als Technische Informatik bezeichnet) sowie Medieninformatik und Medizinische Informatik. Etwa die Hälfte der Absolventinnen und Absolventen im Studienjahr 2015/2016 hatte Informatik ohne einen solchen Schwerpunkt studiert, ein knappes Drittel war auf Wirtschaftsinformatik spezialisiert. Mit weitem Abstand folgte als drittstärkstes Studienfach die Medieninformatik (mit 9 Prozent).

Die relative Bedeutung der Fächer lässt sich anhand der Anteile der Studienanfängerinnen und -anfänger im jeweiligen Fach an allen Studienanfängerinnen und -anfängern bemessen. Der Anteil des Fachs Informatik stieg von knapp 2,9 Prozent in 2006 auf 3,9 Prozent in 2016.[131] Auch der Anteil des Fachs Wirtschaftsinformatik wuchs – von 1,4 auf 2,1 Prozent.[132]

Von der wachsenden Bedeutung der Studienfächer mit Informatikbezug kann allerdings nicht auf einen allgemeinen Bedeutungszuwachs von IT-Inhalten in anderen Fächern geschlossen werden. Der Expertenkommission sind Beispiele von Studiengängen an deutschen Exzellenzuniversitäten bekannt, in denen gar keine – auch keine fachbezogenen – Grundlagen im Umgang mit Softwareanwendungen, Datenbanken oder Algorithmenentwicklung vermittelt werden. Leider gibt es hierzu keine belastbaren Statistiken.

Beispiele guter Praxis finden sich an den Universitäten Berkeley und Zürich. Die Universität Berkeley bietet für Studierende aller Fachrichtungen den Grundlagenkurs „Foundations of Data Science“ an, der in vielen Departments zu den Voraussetzungen oder Pflichtkursen gehört und der die Studierenden mit computergestützten Rechen- und Statistikkonzepten vertraut macht. Für die Teilnahme sind keine einschlägigen Vorkenntnisse erforderlich.[133]An der Universität Zürich wurden die Studiengänge der Wirtschaftswissenschaften und Informatik neu konzipiert, sodass sie nun Raum für ein Nebenfach lassen. Das Nebenfachangebot umfasst dabei eine Auswahl von IT-bezogenen Nebenfächern für alle Nicht-Informatik-Studierenden, wie beispielsweise Computational Sciences, Data Sciences oder Informatik für Ökonomen. Darüber hinaus gibt es nun eine große Auswahl an anwendungsbezogenen Nebenfächern für Informatik-Studierende wie beispielsweise mathematisch-naturwissenschaftliche oder auch geisteswissenschaftliche Fächer.[134]

Neue Weiterbildungsangebote im IT-Bereich

Die Expertenkommission hat im Rahmen ihres Jahresgutachtens 2015 auf die zunehmende Bedeutung von Weiterbildungsangeboten für eine erfolgreiche digitale Transformation aufmerksam gemacht.[135] Zahlreiche öffentliche Plattformen wie Coursera, Udacity, edX oder iVersity bieten eine stetig wachsende Anzahl sogenannter MOOCs an. Zudem werden verstärkt Micro Degrees angeboten, die eine spezifische Aktualisierung von Kenntnissen erlauben und auf Kombinationen von Online-Kursen und -Prüfungen aufbauen.

Gleichzeitig spezialisieren sich private Anbieter wie beispielsweise das US-Unternehmen Galvanize

zunehmend darauf, in engem Austausch mit IT-Startups ebenso wie mit etablierten Unternehmen stark anwendungsbezogene IT-Fortbildungskurse – wie beispielsweise Web-Development und Data Science – als Quasistandards zu etablieren. Die nur wenige Wochen dauernden Zertifikatskurse tragen der wachsenden Nachfrage der Wirtschaft nach laufender Fortbildung der Beschäftigten hinsichtlich aktueller digitaler Kompetenzen Rechnung. Die Kursinhalte werden fortwährend an Bedarfe angepasst und basieren häufig unmittelbar auf konkreten Problemstellungen der Unternehmen. Spezielle Strategiekurse zu Wertschöpfungspotenzialen der Digitalisierung adressieren darüber hinaus die Management-Ebene.

Die Expertenkommission begrüßt neue Anbieter und Formen der Weiterbildung ausdrücklich, zumal der Bedarf an Weiterbildungsangeboten im IT-Bereich das Angebot zu übersteigen scheint. Eine Umfrage unter Personalverantwortlichen konstatiert eine deutliche Diskrepanz zwischen den digitalen Kompetenzen, die die befragten Personalverantwortlichen für wichtig bis äußerst wichtig erachten, und dem aktuellen Schulungsangebot.[135] Deutsche Hochschulen haben dieses Segment bisher nicht besonders aktiv aufgegriffen.

Kaum Informatikerinnen und Informatiker in Führungspositionen

In deutschen Großunternehmen gibt es kaum Informatikerinnen und Informatiker in Vorstandsfunktionen. Nach einer aktuellen Erhebung der Expertenkommission finden sich in 100 deutschen Prime-Standard-Unternehmen[137] mit insgesamt 448 Vorstandsmitgliedern nur 23 Vorstände (5,1 Prozent), die ein Studium oder eine Ausbildung im IT-Bereich absolviert haben. Nur jedes fünfte Unternehmen verfügt überhaupt über Vorstandsmitglieder mit IT-Hintergrund.[138] Mit Blick auf diese Zahlen steht zu befürchten, dass der digitale Wandel in der deutschen Wirtschaft immer noch zu selten zur Chefsache gemacht wird. Auch in den öffentlichen Einrichtungen und Verwaltungen stellt sich die Frage, ob das erforderliche Fachwissen in den Führungsebenen vorliegt.

Ausbaufähige Maßnahmen des Bundes im Bereich digitaler Bildung

Vor dem Hintergrund der genannten Probleme im Bereich der digitalen Bildung werden im Folgenden die Maßnahmen des Bundes zur Überwindung dieser Defizite dargestellt.[139]

Innerhalb der Dachinitiative Berufsbildung 4.0 fördert das BMBF von 2016 bis 2019 u. a. überbetriebliche Berufsbildungsstätten (ÜBS) und Kompetenzzentren durch die Anschaffung digitaler Ausstattung und die Schaffung neuer Ausbildungskonzepte. ÜBS sollen die Ausbildung in Betrieben und Berufsschulen um praxisnahe Kurse in digitalen Kompetenzen ergänzen.[140] Das BMBF hat etwa 84 Millionen Euro für die Maßnahme veranschlagt. Daneben sollen mit dem Förderprogramm „Digitale Medien in der beruflichen Bildung“ Vorhaben unterstützt werden, die neue Lehr- und Lernformate für die mediengestützte Qualifizierung erproben sowie praktikable Lösungen zum Lernen mit digitalen Medien im beruflichen Kontext entwickeln.[141] Hierzu gehören beispielsweise das Lernen mit mobilen Technologien wie Smartphones oder Tablets oder die Verbesserung der Medienkompetenz von Auszubildenden und dem Ausbildungspersonal. Zwischen 2012 und 2019 sind etwa 152 Millionen Euro veranschlagt, inklusive ESF-Kofinanzierung.[142]

Weitere Maßnahmen innerhalb der Dachinitiative Berufsbildung 4.0 sind JOBSTARTER plus, das KMU bei der Weiterentwicklung ihrer Aus- und Weiterbildung unterstützen soll,[143] sowie das Projekt „Fachkräftequalifikation und Kompetenzen für die digitalisierte Arbeit von morgen“, innerhalb dessen quantitative und qualitative Auswirkungen der Digitalisierung auf Qualifikationsanforderungen untersucht werden sollen.[144]

Der vom BMBF vorgeschlagene – aber bislang nicht umgesetzte – DigitalPakt Schule sieht vor, innerhalb der kommenden fünf Jahre Schulen (Grundschulen und weiterführende allgemeinbildende Schulen sowie Berufsschulen) flächendeckend mit Breitbandanbindungen und WLAN-Abdeckung sowie internen Dateninfrastrukturen und Servern zu versorgen.[145]

Das Projekt Schul-Cloud, das in Kooperation mit dem Hasso-Plattner-Institut sowie dem Exzellenznetzwerk mathematisch-naturwissenschaftlicher Schulen (MINT-EC) betrieben wird, soll dabei helfen, Schülerinnen und Schülern sowie Lehrkräften einen einfachen Zugang zu Lern- und Lehrmaterial bereitzustellen.[146] Zur Förderung des Interesses von Schülerinnen und Schülern an Informatik hat das BMBF im Mai 2017 zudem den Jugendwettbewerb Informatik gestartet.[147]

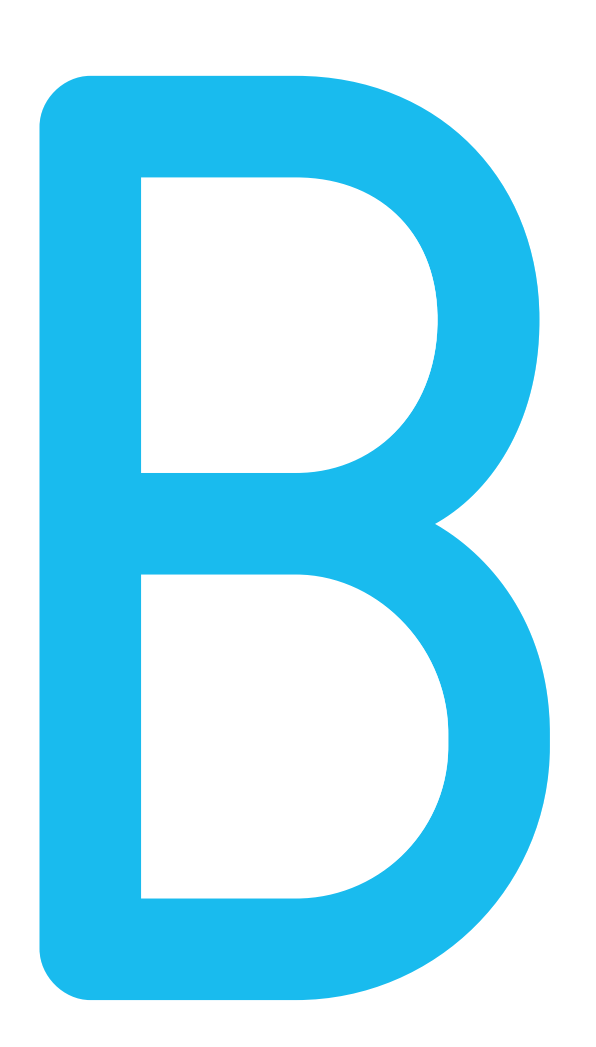
Die Expertenkommission begrüßt die bisherigen Initiativen. Der DigitalPakt Schule muss dringend mit einem ausreichenden Finanzierungsrahmen ausgestattet und im Regierungsprogramm der neuen Bundesregierung fest verankert werden.

Handlungsempfehlungen

Die Expertenkommission begrüßt, dass die Bundesregierung digitale Schlüsselkompetenzen als Qualifikationsanforderung einer zunehmend digital geprägten Arbeitswelt ausdrücklich anerkennt.[148] Sie sieht jedoch weiterhin großen Handlungsbedarf und empfiehlt die folgenden Maßnahmen zum Ausbau der digitalen Bildung durch Bund und Länder:

– Digitale Schlüsselkompetenzen sollten bereits in Grundschulen flächendeckend unterrichtet werden. Lehrende in Schulen benötigen nicht nur eine exzellente IT-Austattung, sondern auch fortwährende Weiterbildung, um den Grundstein für die digitale Wissensgesellschaft zu legen. Der DigitalPakt Schule muss daher dringend mit einem ausreichenden Finanzierungsrahmen ausgestattet und im Regierungsprogramm der neuen Bundesregierung fest verankert werden. Um den absehbaren Engpass bei qualifiziertem Lehrpersonal zu entschärfen und die Entwicklungen zu beschleunigen, sollte die Rekrutierung von Quereinsteigerinnen und Quereinsteigern forciert werden. Allein über den regulären Weg der Lehrerbildung wird die Gewinnung qualifizierten Lehrpersonals zu lange dauern.
– In der dualen Berufsausbildung sollten die Angebote im IT-Bereich, insbesondere Programmierung sowie Software- und Web-Entwicklung, über alle Disziplinen hinweg deutlich erweitert werden. Darüber hinaus sollten IT-Kenntnisse als fester Bestandteil in jeder Berufsausbildung verankert werden.
– An den Hochschulen sollten, ebenfalls über alle Disziplinen hinweg, neben Programmierkompetenzen und Kenntnissen der Software- und Web-Entwicklung auch Datenwissenschaften und Methoden des maschinellen Lernens vermittelt werden. In diesem Zusammenhang sollten die neuen Möglichkeiten des Art. 91b GG genutzt werden, um in einer gemeinsamen Anstrengung von Bund und Ländern geeignete Best-Practice-Ansätze in Hochschulen umzusetzen.
– Eine Stärkung der Weiterbildungsmöglichkeiten (Stichwort lebenslanges Lernen) ist vor dem Hintergrund sich immer schneller wandelnder Qualifikationsbedarfe im IT-Bereich unerlässlich. Aus Sicht der Expertenkommission bedarf es auch neuartiger Angebote aus der Privatwirtschaft. Diese sind von der F&I-Politik in geeigneter Weise zu begleiten und hinsichtlich ihrer Wirkung und Bedeutung für das Bildungssystem fortwährend zu evaluieren.
– Um digitale Kompetenzen fördern zu können, müssen sie kontinuierlich erfasst werden. Die Expertenkommission begrüßt daher ausdrücklich die Teilnahme Deutschlands an internationalen Vergleichsstudien wie ICILS oder PIAAC zur Messung der digitalen Schlüsselkompetenzen von Schülerinnen und Schülern sowie Erwachsenen. Die Bundesregierung sollte sich zudem für die inhaltliche Weiterentwicklung solcher Studien einsetzen.

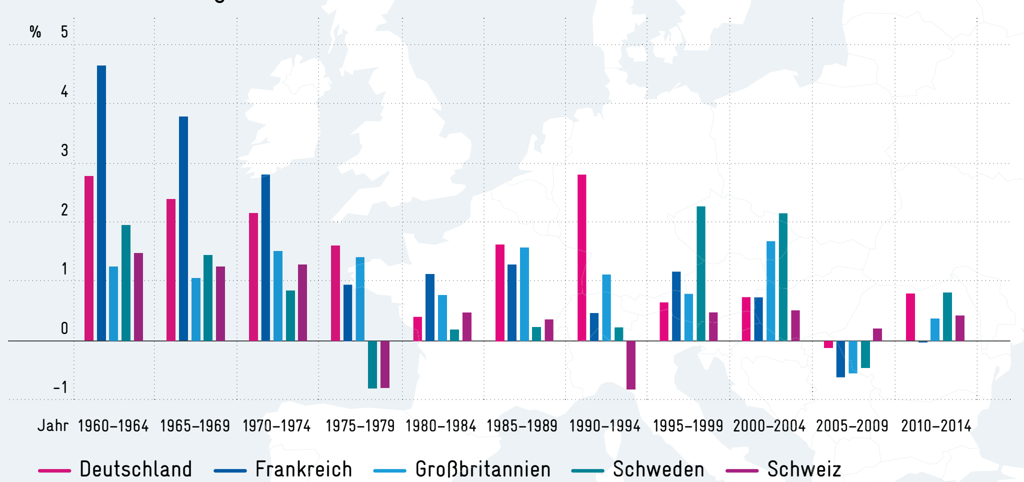
KERNTHEMEN 2018



B 1 Langfristige Entwicklungen von Produktivität und Innovation

In vielen entwickelten Volkswirtschaften zeigt sich ein verlangsamtes Wachstum von gesamtwirtschaftlichen Produktivitätskennziffern. Einige Indikatoren wie z.B. die Innovatorenquote legen nahe, dass parallel dazu auch ein Rückgang oder eine Fokussierung der Innovationsaktivitäten zu verzeichnen ist.

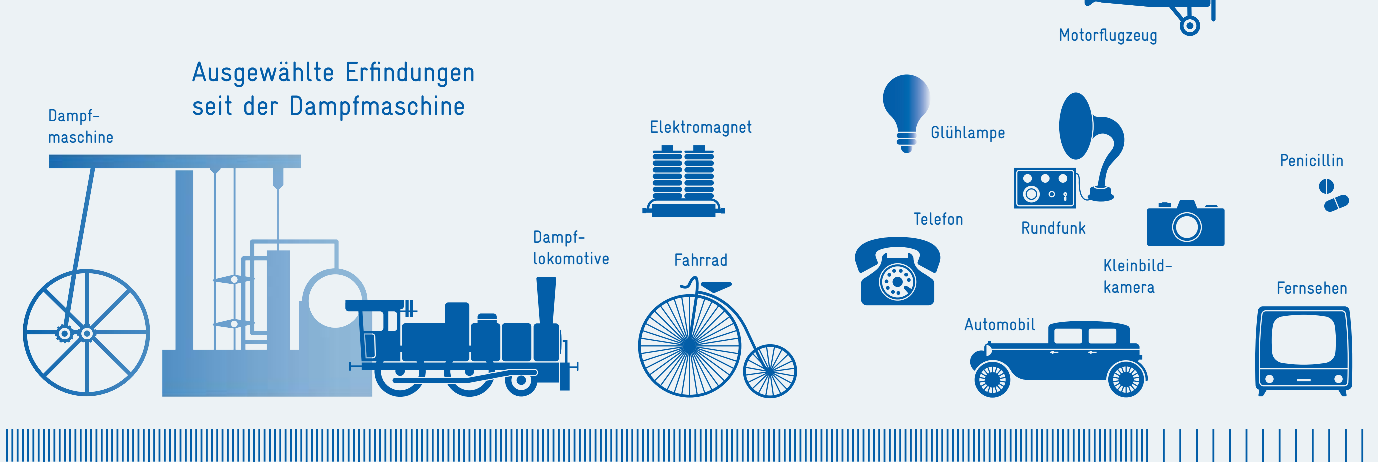
Internationaler Vergleich der TFP-Wachstumsraten in Prozent



Produktivität

Die Totale Faktorproduktivität (TFP) bemisst das Verhältnis aller Outputs zu allen Inputs.

Ausgewählte Erfindungen seit der Dampfmaschine

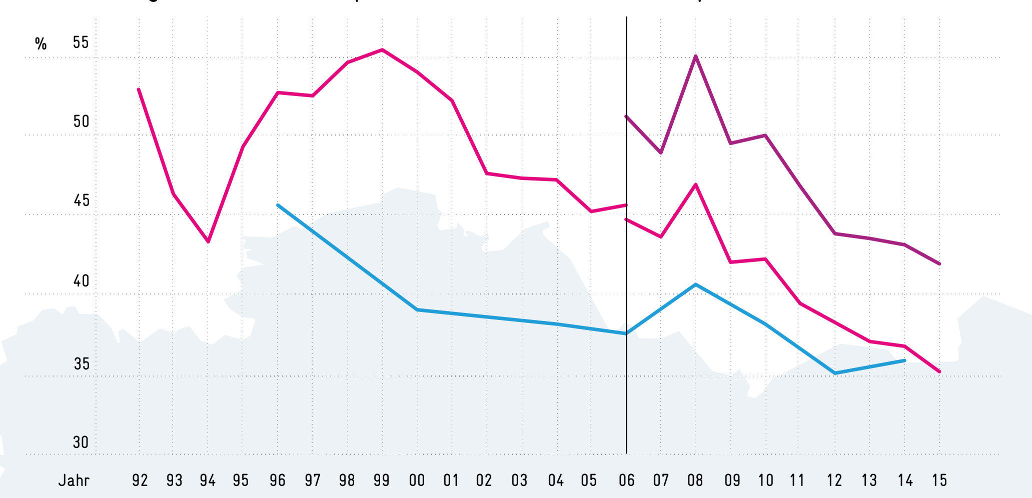


Quelle: Penn World Table 9.0. Vgl. Peters et al. (2018). Eigene Berechnungen.

Innovatorenquote

Die Innovatorenquote ist der Anteil der Unternehmen, die innerhalb eines dreijährigen Referenzzeitraums zumindest eine Produkt- oder Prozessinnovation eingeführt haben.

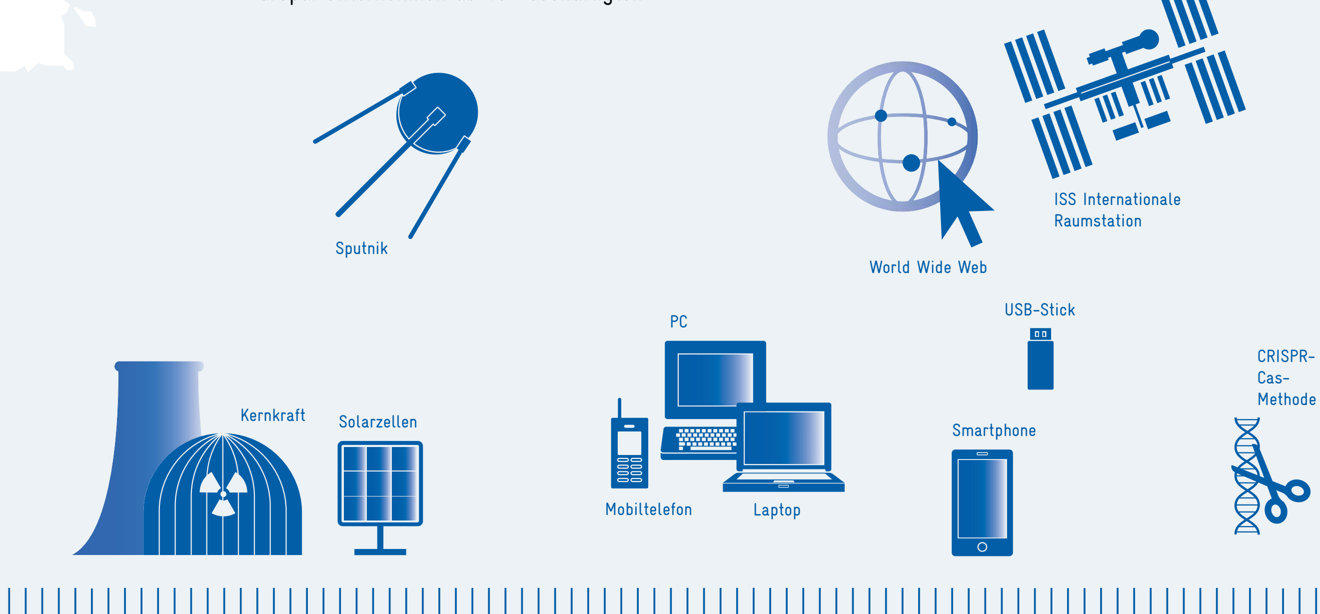
Entwicklung der Innovatorenquote in Deutschland und Europa in Prozent



Deutschland: Unternehmen ab 5 Beschäftigten
2006: Bruch in der Zeitreihe durch Veränderung der WZ-Bezugsbasis.

Deutschland: Unternehmen ab 10 Beschäftigten

Europa: Unternehmen ab 10 Beschäftigten



1940 1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010

Quelle: Mannheimer Innovationspanel und Eurostat, Community Innovation Surveys. Berechnungen des ZEW.

B 1 Langfristige Entwicklungen von Produktivität und Innovation

B 1-1 Einleitung

Eine wichtige Determinante der Einkommens- und Wohlstandsentwicklung einer Volkswirtschaft ist ihre Produktivität. Allgemein ausgedrückt misst die Produktivität das Verhältnis aller Outputs (Güter und Dienstleistungen) zu Inputs (Produktionsfaktoren) – also beispielsweise wie viel Arbeitsleistung in einem Jahr aufgewendet werden musste, um eine bestimmte Menge Waren zu erstellen. Seit der industriellen Revolution haben sich Produktivität und Wohlstand weltweit nahezu kontinuierlich erhöht. Allerdings beobachtet man seit mehreren Jahrzehnten und verstärkt seit Mitte der 1990er Jahre, dass sich dieser Anstieg verlangsamt hat.[149] Angesichts der fortschreitenden Digitalisierung und Vernetzung der globalen Wirtschaft und den davon erwarteten Produktivitätszuwächsen erscheint diese Beobachtung überraschend. Sie wird unter dem Schlagwort Productivity Growth Slowdown diskutiert und von vielen mit Sorge betrachtet.

Das Wachstum der gesamtwirtschaftlichen Produktivität ist in hohem Maß von Innovationen abhängig. Prozessinnovationen senken durch den effizienteren Einsatz von Input-Faktoren die Herstellungskosten, während durch Produktinnovationen die Qualität des Outputs gesteigert wird oder ganz neue Produkte und Dienstleistungen entstehen.[150]

Einige Indikatoren lassen vermuten, dass in Deutschland und den meisten anderen europäischen Industrieländern[151] parallel zum rückläufigen Produktivitätswachstum auch ein Innovation Slowdown stattfindet. In diesem Kapitel erörtert die Expertenkommission mögliche Ursachen der Phänomene. Sie kommt dabei zu dem Ergebnis, dass der beobachtete Rückgang der Innovatorenquote als eine Konzentration der Innovationstätigkeiten auf einen zunehmend geringeren Anteil wirtschaftlicher Akteure zu interpretieren sein könnte. Die damit einhergehende geringere Breite der Generierung und Nutzung von Innovationen könnte neben anderen Gründen zu einem verringerten Wachstum der Produktivität geführt haben.

B 1-2 Verlangsamung des Produktivitätswachstums als weltweites Phänomen

Der Wohlstand einer Gesellschaft wird häufig vereinfachend anhand ihrer wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit gemessen. Ein gesamtwirtschaftlich schwaches Produktivitätswachstum oder gar eine anhaltende Verlangsamung des Produktivitätswachstums wird als Gefahr für die Wohlstandszunahme gesehen.

Die Produktivität eines Landes, einer Industrie oder auch eines Unternehmens kann auf unterschiedliche Weise gemessen werden.[152] Als wichtigstes statistisches Instrument zu ihrer Messung hat sich das Konzept der sogenannten Totalen Faktorproduktivität (TFP) etabliert. Box B 1-1 erläutert technische Details der TFP und ihrer Veränderung als Maß der Innovationsbeiträge zum Wachstum.

Abbildung B 1-2 illustriert die Entwicklungen der TFP von 1960 bis 2014 in Fünfjahresdurchschnitten für die Länder China, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Japan, Schweden, Schweiz, Südkorea und die USA. In dieser langen Frist ist in vielen der betrachteten Volkswirtschaften im Trend eine Verlangsamung des Produktivitätswachstums zu beobachten – beispielsweise in Frankreich, der Schweiz und Schweden. In einigen Ländern ist zudem nach einer zwischenzeitlichen Zunahme des TFP-Wachstums bis etwa 2004 ein erneuter Wachstumsrückgang zu erkennen – so vor allem in den USA,[153] Großbritannien und Japan. Dieser Rückgang des TFP-Wachstums ist in den letzten Jahren auch in China messbar.

Box B 1-1

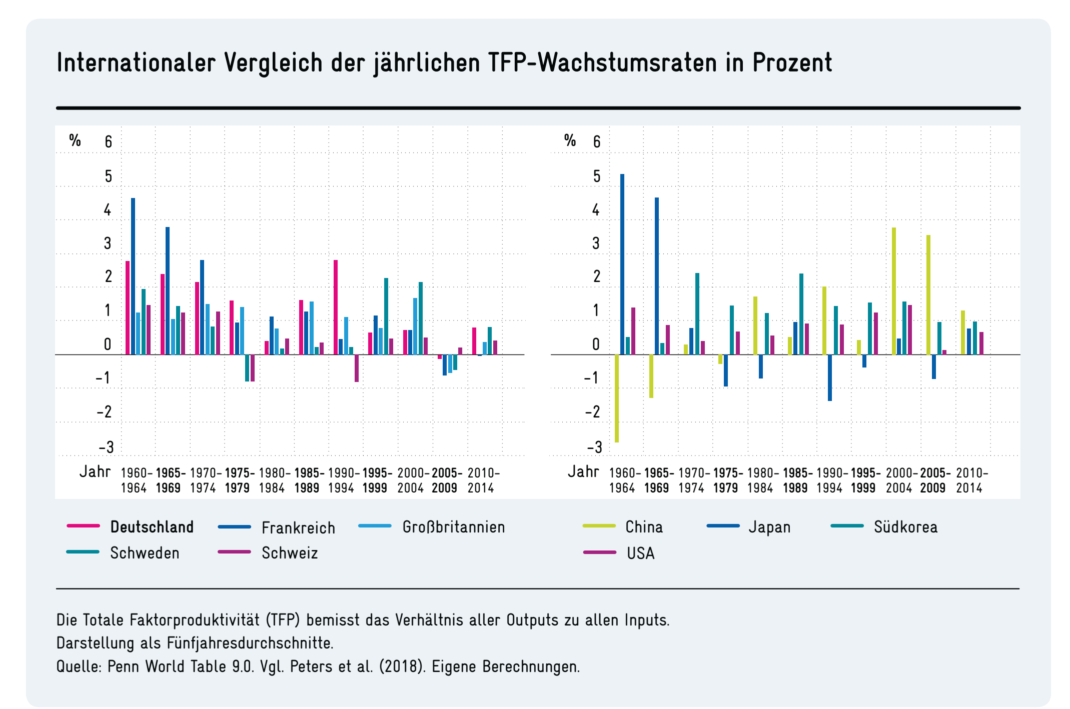
Totale Faktorproduktivität (TFP)

Die Totale Faktorproduktivität als am weitesten verbreitetes Produktivitätsmaß bezieht den gesamtwirtschaftlichen Output auf eine gewichtete Kombination von Input-Faktoren (insbesondere Arbeitsaufwand, physisches und immaterielles Produktionskapital sowie Energie).[154] Um die TFP-Wachstumsrate zu ermitteln, betrachtet man die Wachstumsraten der Outputs und Inputs. Aus der Differenz dieser Wachstumsraten ermittelt man das TFP-Wachstum der betrachteten Volkswirtschaft.[155] Das TFP-Wachstum bemisst demnach jenen Teil des Output-Wachstums, der nicht unmittelbar durch den Einsatz der bekannten Input-Faktoren erklärt werden kann, also als unerklärter Rest „übrig bleibt".[156]

Ein Wachstum der TFP kann Indiz für eine effizientere Nutzung von Input-Faktoren sein und wird häufig als Maß für technischen Fortschritt verwendet.[157] Die TFP wird häufig als ein weiterer Input interpretiert und mit dem Wissensbestand einer Volkswirtschaft assoziiert, der sich ebenso wie andere Input-Faktoren im Zeitablauf verändert. Als weitere Maße zur Messung der Produktivität werden oft die Arbeitsproduktivität oder andere partielle Produktivitätsmaße verwendet, in denen der gesamte Output einem einzelnen Input-Faktor gegenübergestellt wird. Diese bilden die Leistungserstellung aber nur teilweise ab und sind deshalb der TFP in ihrer Aussagekraft deutlich unterlegen.

Abb B 1-2

Internationaler Vergleich der jährlichen TFP-Wachstumsraten in Prozent



Die Totale Faktorproduktivität (TFP) bemisst das Verhältnis aller Outputs zu allen Inputs.
Darstellung als Fünfjahresdurchschnitte.
Quelle: Penn World Table 9.0. Vgl. Peters et al. (2018). Eigene Berechnungen.

Abbildung B 1-2 zeigt auch die Entwicklung der TFP[158] in Deutschland von 1960 bis 2014 in Fünfjahresdurchschnitten.[159] Hier zeichnet sich in der langen Frist ein negativer Trend der TFP-Entwicklung seit 1960 ab. Die jährliche Wachstumsrate der TFP sank von durchschnittlich 2,8 Prozent im Zeitraum 1960 bis 1964 auf durchschnittlich 0,8 Prozent im Zeitraum 2010 bis 2014. Gut zu erkennen sind die Effekte der Wiedervereinigung[160] sowie der Finanz- und Wirtschaftskrise (2007/2008).

Weitere Einsichten in die Produktivitätsentwicklung erhält man durch disaggregierte sektorale Betrachtungen. Vor dem Hintergrund einer möglichen

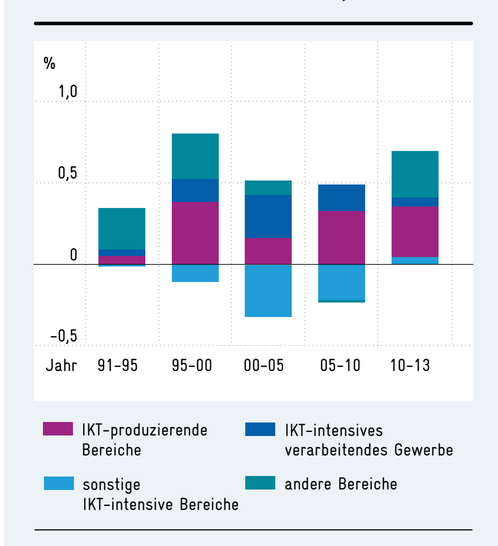
Box B 1-3

Produktivitätsentwicklung in IKT-nutzenden und IKT-produzierenden Wirtschaftsbereichen

Eine aktuelle Studie betrachtet separat die Beiträge IKT-produzierender, IKT-intensiver und anderer Wirtschaftsbereiche zum TFP-Wachstum in Deutschland seit 1991 (also nach der Wiedervereinigung).[161] Wirtschaftsbereiche gelten als IKT-intensiv, wenn sie einen relativ hohen IKT-Kapitalbestand nutzen, aber selbst keine IKT produzieren. Die Abbildung zeigt die durchschnittlichen jährlichen TFP-Wachstumsbeiträge in fünf Zeiträumen zwischen 1991 und 2013.

Die IKT-produzierenden Wirtschaftsbereiche in Deutschland waren demnach seit 2005 für etwa die Hälfte des Gesamtwachstums der TFP verantwortlich, obwohl sie nur knapp 5 Prozent zur gesamtwirtschaftlichen Bruttowertschöpfung beitrugen. Für die IKT-intensiven Wirtschaftsbereiche (für das verarbeitende Gewerbe und die sonstigen IKT-intensiven Bereiche) war dagegen zuletzt nur ein schwaches TFP-Wachstum zu beobachten – nach sogar negativen Wachstumsbeiträgen zwischen 2000 und 2010. Dieser Unterschied in der Produktivitätsveränderung zwischen Produzierenden sowie Nutzerinnen und Nutzern von IK-Technologien spricht für eine verzögerte Diffusion neuer IK-Technologien.

Durchschnittliche jährliche Wachstumsbeiträge zur TFP in Deutschland in Prozentpunkten



Quelle: BEA und ifo. Darstellung auf Basis von Elstner et al. (2016: 7).

verzögerten Diffusion der IK-Technologien als Grund für nachlassendes TFP-Wachstum ist hierzu die jüngere Entwicklung von IKT-intensiven und IKT-produzierenden Wirtschaftsbereichen in Deutschland von besonderem Interesse. Box B 1-3 zeichnet die dortige Produktivitätsentwicklung zwischen 1991 und 2013 nach.

Innovation und Produktivität

B 1–3

Innovationen sind eine wichtige Determinante des Produktivitätswachstums.[162] Daher ist die zeitliche Entwicklung von Indikatoren wie etwa Gründungsraten, Innovatorenquoten, Forschungsproduktivitäten und Patententwicklungen von besonderem Interesse für die F&I-Politik.

Gründungsraten und Innovatorenquoten rückläufig

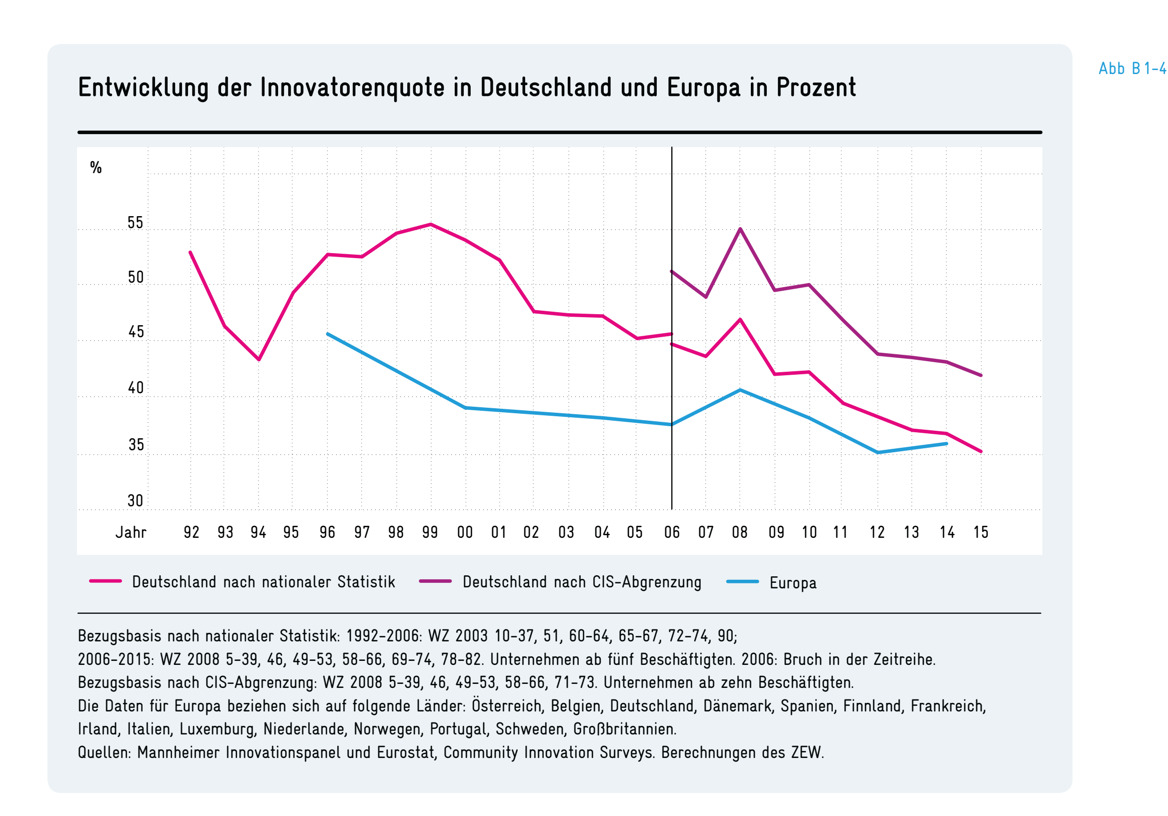
Die Gründungsrate, also die Anzahl der Unternehmensgründungen relativ zum Gesamtbestand der Unternehmen, ist in Deutschland im internationalen Vergleich gering.[163] Zudem sind die Gründungsraten in der Wissenswirtschaft[164] seit Jahren rückläufig.[165] Abbildung C 5-2 (S. 109) verdeutlicht diese Entwicklung. Dies ist insofern bedenklich, als gerade in neuen Unternehmen häufig innovative Produkte, Prozesse und Geschäftsmodelle entwickelt und umgesetzt werden. Darüber hinaus sichern Unternehmensgründungen durch lokale Wertschöpfung die Schaffung von Arbeitsplätzen.

Den Anteil der Unternehmen mit Produkt- und Prozessinnovationen an allen Unternehmen bezeichnet man als Innovatorenquote.[166] Seit Anfang der 1990er Jahre liegt mit dem sogenannten Oslo-Handbuch von OECD und Eurostat ein konzeptioneller Rahmen und mit den Community Innovation Surveys (CIS) eine empirische Basis vor, mit der sich Innovatorenquoten international vergleichen lassen.[167] Marketing- und Organisationsinnovationen bleiben dabei unberücksichtigt, was insofern unproblematisch ist, als z. B. neue digitale Geschäftsmodelle i. d. R. als Produktinnovationen und nicht als Marketing- und Organisationsinnovationen berichtet werden.[168]

Die Entwicklung der Innovatorenquote Deutschlands seit 1992 auf Basis der nationalen Statistik (d. h. inkl. zusätzlicher Dienstleistungsbranchen und für Unternehmen ab 5 Beschäftigten) ist durch einen fast stetigen Rückgang seit dem Jahr 1999 von knapp 56

Abb B 1-4

Entwicklung der Innovatorenquote in Deutschland und Europa in Prozent



Bezugsbasis nach nationaler Statistik: 1992–2006: WZ 2003 10–37, 51, 60–64, 65–67, 72–74, 90;
2006–2015: WZ 2008 5–39, 46, 49–53, 58–66, 69–74, 78–82. Unternehmen ab fünf Beschäftigten. 2006: Bruch in der Zeitreihe.
Bezugsbasis nach CIS-Abgrenzung: WZ 2008 5–39, 46, 49–53, 58–66, 71–73. Unternehmen ab zehn Beschäftigten.
Die Daten für Europa beziehen sich auf folgende Länder: Österreich, Belgien, Deutschland, Dänemark, Spanien, Finnland, Frankreich, Irland, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Portugal, Schweden, Großbritannien.
Quellen: Mannheimer Innovationspanel und Eurostat, Community Innovation Surveys. Berechnungen des ZEW.

Prozent auf 35 Prozent im Jahr 2015 gekennzeichnet (vgl. Abbildung B 1-4).[169] Für den Zeitraum 2006 bis 2015 zeigt sich für die Abgrenzung nach CIS (Unternehmen ab 10 Beschäftigten, weniger Dienstleistungsbranchen) die gleiche Entwicklungstendenz bei einer um etwa 6 bis 8 Prozentpunkte höheren Innovatorenquote.

Der Trend rückläufiger Innovatorenquoten ist für die Mehrzahl der im CIS untersuchten EU-Länder (vgl. Abbildung B 1-4) feststellbar. So hat sich die Innovatorenquote in den europäischen Ländern, für die ab der zweiten CIS-Erhebung (Referenzzeitraum 1992 bis 1996) Angaben vorliegen,[170] im Bereich der im CIS erfassten Branchen (produzierendes Gewerbe, Großhandel, Transportgewerbe, Finanzdienstleistungen, IT-Dienstleistungen, Ingenieurbüros) von 46 Prozent im Jahr 1996 auf 36 Prozent im Jahr 2014 verringert.[171]

Der Rückgang der Innovatorenquote könnte als eine Fokussierung der Innovationstätigkeit auf einen über die Zeit abnehmenden Anteil der Unternehmen interpretiert werden. Diese Entwicklung kann, muss aber nicht notwendigerweise mit einem Rückgang der absoluten Anzahl an Innovationen einhergehen.

Entwicklung bei Forschungsproduktivität und Patentintensität nicht eindeutig

Ein weiterer derzeit viel diskutierter Indikator ist die sogenannte Forschungsproduktivität. Sie setzt das TFP-Wachstum ins Verhältnis zur Anzahl von Forschenden, die mit ihrer Wissenserzeugung das Wachstum erst ermöglichen.

Eine aktuelle Studie lässt für die USA einen deutlichen Rückgang der Forschungsproduktivität von jährlich etwa 5 Prozent vermuten.[172] Ein wesentlicher Kritikpunkt an der Studie liegt in der Messung des Forschungsinputs, insbesondere der effektiven Anzahl von Forschenden in den Jahren vor 1960, als es noch keine einheitliche Definition von FuE-Aktivitäten gab.[173] Ein weiterer Kritikpunkt setzt an der Messung des Forschungsoutputs an. So wird die Wachstumsrate der TFP als Maß für die Anzahl neuer Ideen verwendet.[174] Allerdings unterliegt dieser Indikator einer ganzen Reihe von Einflussgrößen, etwa der Qualität der eingesetzten traditionellen Input-Faktoren Arbeit und Kapital. Steigt diese Qualität über die Zeit an, so nehmen die TFP und deren Wachstum und damit auch die gemessene Forschungsproduktivität

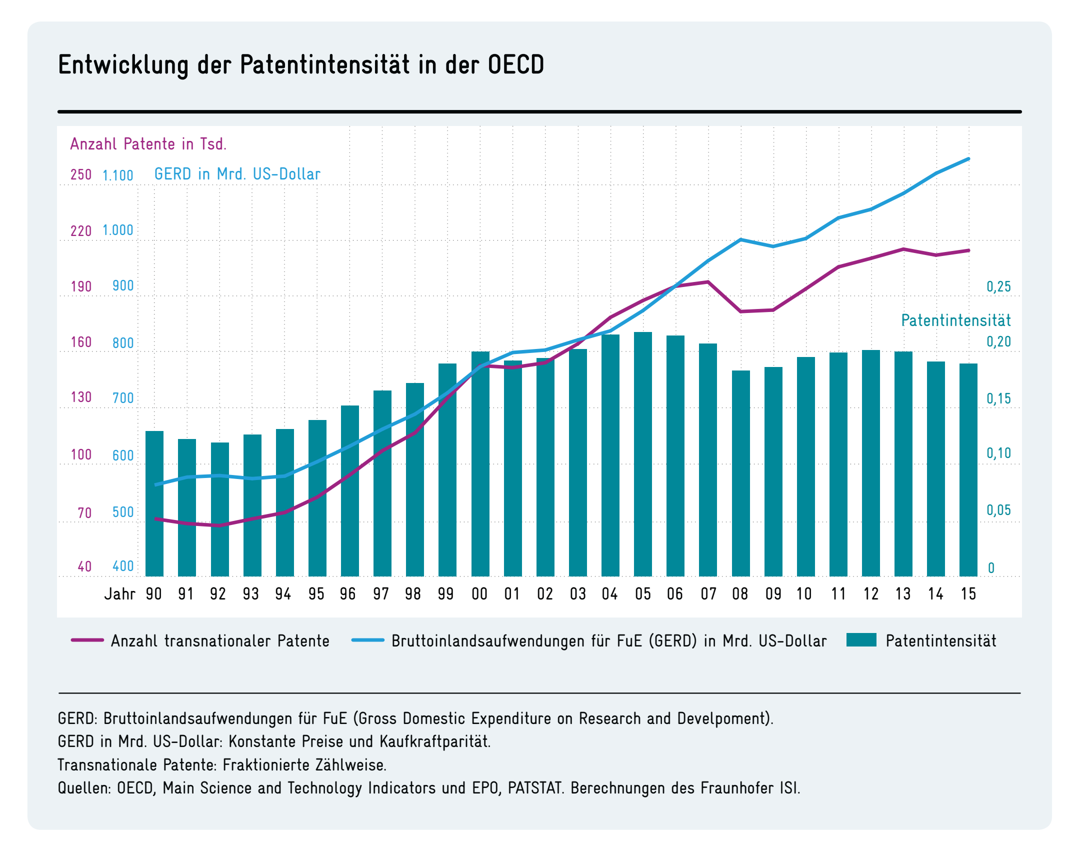


Abb B 1-5

Entwicklung der Patentintensität in der OECD

GERD: Bruttoinlandsaufwendungen für FuE (Gross Domestic Expenditure on Research and Develpoment).
GERD in Mrd. US-Dollar: Konstante Preise und Kaufkraftparität.
Transnationale Patente: Fraktionierte Zählweise.
Quellen: OECD, Main Science and Technology Indicators und EPO, PATSTAT. Berechnungen des Fraunhofer ISI.

ab.[175] Ein weiteres Problem des Ansatzes besteht darin, dass das TFP-Wachstum allein in Beziehung zum Forschungsinput gesetzt wird. Andere Größen, die ebenfalls die Höhe des TFP-Wachstums beeinflussen können, werden nicht berücksichtigt und es wird nicht für ihren Einfluss kontrolliert.[176]

Als direktes Maß für neue Ideen kann man jedoch auch auf Patente zurückgreifen. Sie sind ein wichtiger Indikator für die potenzielle Verwertung neuer Ideen am Markt. Seit der internationalen Finanz- und Wirtschaftskrise stagnieren die transnationalen Patentanmeldungen[177] Deutschlands und auch anderer großer europäischer Volkswirtschaften (vgl. Abbildung C 6-1, S. 112). Demgegenüber weisen insbesondere China, Japan und die USA bei Patentanmeldungen hohe Wachstumsraten auf, wie Abbildung C 6-1 (links) zeigt.

Die durchschnittliche Patentintensität für die OECD-Länder, hier gemessen als das Verhältnis von transnationalen Patentanmeldungen zum FuE-Aufwand (GERD: Gross Domestic Expenditure on Research and Development) (ebenso ein Indikator für die Produktivität von Forschung), hat nach 2005 leicht abgenommen.[178] Abbildung B 1-5 zeigt, dass die Patentanmeldungen danach stagnieren, die FuE-Ausgaben hingegen weiterhin wachsen. Hierbei können verschiedene Faktoren eine Rolle gespielt haben. So könnte eine zunehmende technologische Komplexität ursächlich sein. Patentierbare Forschungsergebnisse zu erzielen, wäre demnach mit einem wachsenden Aufwand verbunden. Auch könnte der wirtschaftliche Strukturwandel hin zu FuE-intensiveren Branchen und weniger patentierbaren Innovationen zur sinkenden Patentintensität beigetragen haben.

Die Expertenkommission sieht in der Entwicklung der Patentanmeldungen und der Patentintensität wenig Hinweise für einen deutlichen Rückgang der Generierung neuer Ideen und davon abgeleitet der Innovationstätigkeit. Bei der abnehmenden Innovatorenquote ist daher eher von einer Konzentration der Innovationsaktivitäten auf zunehmend weniger Akteure auszugehen.

B 1-4 Mögliche Ursachen für verlangsamtes Produktivitätswachstum

Im Folgenden erörtert die Expertenkommission mögliche Ursachen der beschriebenen Phänomene.[179]

Messprobleme im Kontext der Digitalisierung

Die Identifizierung einer rückläufigen Produktivitätsentwicklung hängt zunächst in entscheidender Weise von korrekten Messungen des volkswirtschaftlichen Wachstums und der Produktivität ab. Vielfach wird argumentiert, dass bestimmte Messprobleme im Zuge der Digitalisierung zugenommen haben.[180] Box B 1-6 widmet sich dieser These. Nach Einschätzung der Expertenkommission ist der Rückgang des Produktivitätswachstums jedoch nicht allein auf Messprobleme zurückzuführen. Zwar fallen Wachstumsrückgänge deutlich geringer aus, wenn man die Schätzungen hinsichtlich etwaiger Messfehler bereinigt – es verbleibt jedoch stets ein statistisch und ökonomisch bedeutsamer Rest.

Verzögerte Diffusion – die Sicht der „Technologieoptimisten“

Entwickelte Volkswirtschaften erleben derzeit zweifelsohne eine Phase hoher technologischer Dynamik – vor allem im Hinblick auf die digitale Transformation. Angesichts dessen ist die zu beobachtende Verlangsamung des Produktivitätswachstums ein zunächst erstaunliches Phänomen. Neue Technologien wie z. B. Künstliche Intelligenz sollten hohe Innovationspotenziale bergen, die sich auch in einer höheren Produktivität niederschlagen müssten.[181] Es wird daher auch vom Produktivitätsparadoxon bzw. vom Productivity Puzzle gesprochen.[182]

Einige Studien argumentieren in diesem Zusammenhang, dass die Verlangsamung des Produktivitätswachstums eher ein vorübergehendes Phänomen sei.[183] Insbesondere die Verwendung digitaler Technologien in der Produktion stecke noch in den Kinderschuhen, könne aber zukünftig weitreichende Entwicklungssprünge und damit einhergehende Produktivitätsfortschritte ermöglichen (vgl. Box B 1-1).

Dass zukünftige Produktivitätszuwächse noch ausstehen, könnte an unterschiedlichen Faktoren liegen, die als Adoptionshemmnis wirken:[184]

1. Fehlendes komplementäres Humankapital: Es gibt Hinweise darauf, dass fehlende IT-Kenntnisse der Beschäftigten dazu führen, dass IT-Systeme und IT-Anwendungen seltener eingeführt bzw. weniger intensiv genutzt werden.[185] Gleichzeitig belegen aktuelle Analysen, dass ein erheblicher Anteil der Beschäftigten, die bei ihrer Arbeit IKT-Anwendungen nutzen müssen, nicht die IKT-Kompetenzen besitzen, um diese Technologien effektiv einzusetzen.[186] Darüber hinaus besteht Einigkeit in der Literatur, dass zu IK-Technologien komplementäre Kenntnisse und Fähigkeiten, wie beispielsweise Problemlösungskompetenzen, an Bedeutung gewonnen haben.[187]

   Es liegen jedoch keine belastbaren Befunde zur Frage vor, ob mangelnde IT-Kenntnisse (zumindest in bestimmten Ländern) eine Erklärung für die Verlangsamung des Produktivitätswachstums darstellen.[188] Mangelnde IT-Kenntnisse in den Unternehmen können aus mangelnden Rekrutierungsmöglichkeiten oder mangelnden Weiterbildungsaktivitäten entstehen. Die Expertenkommission widmet sich beiden Themen in ihrem Kapitel A 4 zur Digitalen Bildung.

2. Weitere fehlende Input-Faktoren, die komplementär wirken: Eine naheliegende Ursache für ein sich verlangsamendes Produktivitätswachstum könnten mangelnde Investitionen in nötige Infrastruktur und komplementäre Inputs sein.[189] Der digitale Wandel hängt in hohem Maße von der Verfügbarkeit einer leistungsfähigen Breitbandinfrastruktur ab, um die Nutzung großvolumiger datenbasierter IT-Dienstleistungen zu gewährleisten. Die Expertenkommission hat vor diesem Hintergrund mehrfach auf einen vorausschauenden Aufbau der Infrastruktur gedrängt und ambitionierte Ausbauziele gefordert.[190]

   Als eng verknüpft mit mangelnden komplementären Inputs (beispielsweise wegen veralteter Methoden und (IT-)Werkzeuge) sind mangelnde absorptive Fähigkeiten zu sehen: Wenn bewährte Arbeitsprozesse der Wirtschaft aufwendig auf neue technologische Möglichkeiten ausgerichtet werden müssen, entstehen oft hohe Adoptionskosten in den Unternehmen. In diesem Zusammenhang haben sich verschiedene Studien speziell mit organisationalen Lernprozessen und der Bedeutung absorptiver Fähigkeiten

Box B 1-6

Messprobleme im Kontext der Digitalisierung

Die Messung von Wachstums- und Produktivitätsveränderungen im Rahmen der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) ist problematisch (vgl. Box B 1-1). Bei der Erfassung dieser Größen können Messprobleme auftreten, die konzeptioneller sowie empirischer Art sein können.

Aus konzeptioneller Sicht ist es z. B. problematisch, viele in der letzten Dekade schnell diffundierende Technologien (Smartphones, soziale Netzwerke, digitale Medienangebote etc.) zu erfassen, da sie zwar zeitintensiv genutzt werden, aber dabei kaum weitere monetäre Kosten für ihre Konsumentinnen und Konsumenten verursachen. Betrachtet man nicht nur die direkten Anschaffungs- und Nutzungsausgaben für diese Produkte, sondern auch die auf sie verwendete Zeit, scheinen sie substanziell mehr Nutzen zu generieren, als ihr Preis ausdrückt. Kennziffern wie das Bruttoinlandsprodukt (BIP) können diese sogenannte Konsumentenrente schon allein konzeptionell nicht hinreichend erfassen – eine bekannte Schwäche der VGR. Die Diskussionen darüber, ob das BIP ein geeignetes Maß für die Wohlfahrt einer Volkswirtschaft darstellen kann, haben daher im Zuge der Digitalisierung zusätzliches Momentum gewonnen.[191]

Aus empirischer Sicht wird die Datenerfassung im Rahmen der VGR in informations- und wissensbasierten Volkswirtschaften zunehmend diffiziler, insbesondere was die Ermittlung des realen BIP auf Basis von Preisbereinigungen (sogenannte Deflationierung) betrifft. Hier kommen seit einigen Jahren entsprechend internationalen Konventionen und verbindlichen europäischen Rechtsvorschriften Kettenindizes zum Einsatz,[192] die eine jährlich wechselnde Preisbasis (Vorjahrespreisbasis) verwenden.[193] Als besonders problematisch erweist sich die Deflation von IKT-Inputs und Outputs des Dienstleistungssektors, da innerhalb der Preisindizes auch Qualitätssteigerungen berücksichtigt werden müssen. Dies ist oft nur schwer möglich, da sich mit der Digitalisierung sowohl Produkt- als auch Dienstleistungsinnovationen beschleunigen[194] und Substitutionseffekte auftreten. Das kann zur Folge haben, dass Wachstums- und Produktivitätsveränderungen insbesondere bei digitalen Produkten und Dienstleistungen aufgrund unzureichender Preisdeflatoren nicht adäquat erfasst werden und es zu entsprechenden Verzerrungen kommt.

Mit der zunehmenden Verbreitung von IK-Technologien können diese konzeptionellen und empirischen Messprobleme über die Zeit zunehmen. Aktuelle Studien kommen allerdings zu dem Ergebnis, dass der jüngste Rückgang des Produktivitätswachstums nicht allein auf Messprobleme im Kontext der Digitalisierung zurückzuführen ist.[195] Dabei fokussiert sich zwar der Großteil der Studien auf die Produktivitätsentwicklung in den USA, allerdings gibt es auch Evidenz, dass ein abnehmendes Produktivitätswachstum gleichzeitig in mindestens zwei Dutzend weiteren entwickelten Volkswirtschaften zu finden ist.[196] Das jeweilige Ausmaß der sich verlangsamenden Produktivitätsentwicklung innerhalb dieser Länder sei dabei nicht verknüpft mit der relativen Größe der lokalen IKT-Branche und unabhängig davon, ob die IKT-Intensität konsum- oder produktionsseitig gemessen wird.

Verschiedene Korrekturen des BIP-Wachstums um die Effekte einer verzerrten Messung bei digitalen Gütern und Produkten legen nahe, dass, sollten ausschließlich Messfehler für das verlangsamte Produktivitätswachstum verantwortlich sein und dieses seine Ursache in IKT-Industrien haben, die Realumsätze dieser Industrien fünfmal höher hätten ausfallen müssen.[197] Die dortige Arbeitsproduktivität hätte um mehr als 360 Prozent innerhalb von elf Jahren wachsen müssen. Eine Änderung des konzeptionellen Ansatzes, etwa den Kauf und die Nutzung eines Internetzugangs zu einer möglichen Metrik der Zugewinne durch neue digitale Technologien zu machen, zeigt, dass diese Korrektur nicht ausreicht, um die Reduzierung des Wirtschaftswachstums durch das verlangsamte Produktivitätswachstum auszugleichen.[198] Selbst auf Basis des größten (und unrealistischsten) Schätzansatzes, der die online verbrachte Zeit der Menschen großzügig einpreist, käme nur ein Drittel des angeblich unterschätzten Wachstums zustande.

von Unternehmen beschäftigt.[199] Demnach übt beispielsweise externes Wissen einen umso stärkeren Produktivitätseffekt aus, je mehr eigene FuE durchgeführt wird und damit absorptive Fähigkeiten aufgebaut werden.[200]

3. Regulatorische Hemmnisse: Schließlich haben auch politische und institutionelle Rahmenbedingungen Einfluss auf das Produktivitätswachstum. Die Expertenkommission hatte zuletzt gefordert, zukunftsorientierte rechtliche Rahmenbedingungen für die digitale Wirtschaft zu schaffen.[201] Internetbasierte Technologien erfordern neue bzw. angepasste Rechtsnormen unter anderem im Urheberrecht, Datenschutz und Verbraucherschutz.

Unterstützung findet die Argumentation verzögerter Diffusion und dahinter stehender Adoptionshemmnisse durch eine aktuelle Studie im Auftrag der OECD.[202] Sie untersucht die zeitliche Entwicklung weltweiter Produktivitätskennziffern differenziert nach Unternehmen mit unterschiedlichem technologischem Entwicklungsstand und findet, dass Unternehmen nahe der Technologiegrenze (Frontier-Unternehmen) eine wachsende Produktivität zeigen, während sich die Lücke zu ohnehin weniger produktiven Unternehmen (Laggard-Unternehmen) weiter vergrößert.[203] Laut der Studie reflektiert diese Struktur vor allem den technologischen Fortschritt und dessen Diffusion allgemein, ist aber auch eng mit der Beobachtung wachsender Marktmacht (siehe Abschnitt zur Rolle zunehmender Marktkonzentration für Produktivitätswachstum und Innovation) verbunden.

Die Expertenkommission sieht in der verzögerten Diffusion einen wichtigen Grund für die beobachtete Verringerung des Produktivitätswachstums.

Ausgeschöpfte technologische Potenziale – die Sicht der „Technologiepessimisten“

Einige Studien argumentieren, dass das niedrige Produktivitätswachstum bei gleichzeitig hohen Forschungsausgaben ein Indiz für abnehmende bzw. sich erschöpfende technologische Potenziale („low hanging fruits have already been picked“) und damit einhergehend für eine abnehmende Forschungsproduktivität ist.[204]

Sich ausschöpfende technologische Potenziale könnten zum einen für die Unternehmen nur mit zunehmendem Aufwand genutzt werden und würden zum anderen auch mit geringeren Produktivitätszuwächsen einhergehen. Beides könnte dazu führen, dass die langfristigen Gewinne aus Innovationen fallen und sich Unternehmen aus Innovationsaktivitäten zurückziehen. Allerdings wurde in Abschnitt B 1-3 bereits argumentiert, dass sich für ausgeschöpfte technologische Potenziale, gemessen an einem Rückgang der Anzahl neuer Ideen (über Patente), empirisch wenig Evidenz finden lässt.

Entsprechend misst die Expertenkommission dem Argument, dass sich auf breiter Ebene die technologischen Potenziale erschöpfen, eine geringe Bedeutung zu. Um Vorsorge gegen sich erschöpfende Potenziale zu treffen, wäre an eine Stärkung der Grundlagenforschung und eine Betonung des Wissens- und Erkenntnistransfers aus der Grundlagenforschung (im Hinblick auf Spillover-Effekte) zu denken.[205]

Die Rolle zunehmender Marktkonzentration für Produktivitätswachstum und Innovation

Ein Maß für Marktkonzentration respektive Marktmacht sind sogenannte Markups, also die Preisaufschläge, die ein Unternehmen auf die Grenzkosten seiner Produktion vornehmen kann. Je mehr Marktmacht ein Unternehmen hat, umso größer können diese Markups gewählt werden. Eine aktuelle Studie für die USA[206] argumentiert, dass Markups seit etwa 1980 kontinuierlich gestiegen sind. Bei Berücksichtigung zunehmender Marktmacht in den gesamtwirtschaftlichen Wachstumsrechnungen wäre nach Ansicht der Autoren der Studie kein Rückgang des Produktivitätswachstums mehr messbar.

Eine mögliche Erklärungsgröße für Marktmacht und ihre Veränderung sind Innovationen. Werden diese durch ein Patent geschützt, dann ist die dadurch entstehende (temporäre) Marktmacht ein wichtiger positiver Anreiz für Innovationstätigkeit. Darüber mag es eine über Innovationen wachsende technologische Komplexität Unternehmen auch ohne Patente leichter machen, ihre Marktposition und ihren Wettbewerbsvorsprung zu sichern – insbesondere, weil es für potentielle Konkurrenten zunehmend kostenintensiver wird, technologisch aufzuschließen. In gleicher Weise ermöglicht eine Zunahme sogenannter strategischer Patentierung,[207] gegenüber potenziellen Konkurrenten hohe Markteintrittsbarrieren zu errichten.

Prozesse der Marktkonzentration sind typisch für reife Märkte und Industrien.[208] Entsprechend werden hier weniger (innovative) Neugründungen oder andere innovationsgetragene Markteintritte zu beobachten

sein. Die Innovationstätigkeit konzentriert sich in diesem Zuge auf immer weniger Unternehmen. Zudem besteht im Einklang mit Ansätzen zum Industrie- und Technologielebenszyklus[209] bei den etablierten Unternehmen eine Tendenz, sich bei Produkt- und Prozessinnovationen mehr und mehr zurückzuhalten.

Ein derzeit intensiv diskutiertes Phänomen ist, dass in jüngeren Industrien und Märkten eine rasch zunehmende Marktkonzentration durch „Superstar-Effekte“[210] verursacht sein kann. Aufgrund von Netzwerkeffekten, die insbesondere in digitalen Märkten auftreten, können Technologieführer bzw. First-Mover sehr große Marktanteile für sich gewinnen („winner-takes-it-all“).[211] Auch hier besteht die Tendenz zu einer Konzentration der Innovationsaktivitäten auf wenige Unternehmen und eine damit verbundene Errichtung von Markt- und Technologieeintrittsbarrieren. Das Bestehen von Marktkonzentration aufgrund von Netzwerkexternalitäten kann dabei auch den Anreiz für Unternehmensgründerinnen und -gründer verstärken, einen schnellen Verkauf ihres Unternehmens an Marktführer anzustreben, statt auf das Wachstum ihres eigenen Unternehmens zu setzen.

Ein Grund für die zunehmende Marktkonzentration kann auch darin bestehen, dass geeignete wettbewerbliche Rahmenbedingungen nicht rechtzeitig geschaffen und Fehlentwicklungen zunehmender Konzentration nicht hinreichend eingedämmt wurden.

Die Expertenkommission sieht auch in der wachsenden Marktkonzentration einen Hinweis auf die Konzentration von Innovationstätigkeiten einerseits und eine Begründung für eine rückgehende Gründungsrate andererseits.

B 1-5 Bewertungen

Die Expertenkommission kommt zu der Einschätzung, dass der Rückgang des Produktivitätswachstums, der sich in Deutschland und vielen weiteren OECD-Ländern zeigt, nicht auf eine einzelne Ursache zurückgeführt werden kann. Vielmehr wurde diese Entwicklung durch mehrere der im Rahmen dieses Kapitels beschriebenen Effekte hervorgerufen.

Wenn einerseits noch Anwendungen für radikale Innovationen fehlen und andererseits neue Technologien ob ihrer Komplexität oder fehlenden komplementären Inputs – vor allem qualifizierter Arbeitskräfte – nur langsam diffundieren, schlägt sich dies negativ in Produktivitätskennziffern nieder. Auch die jüngste Welle digitaler Transformation konnte bisher nicht in erwartetem Umfang zum Produktivitätswachstum beitragen. Die Expertenkommission erinnert jedoch daran, dass auch bei vergangenen radikalen Innovationen die damals gemessenen Produktivitätsentwicklungen keine guten Prognosen für künftige Entwicklungen lieferten.[212] Insofern sind die derzeit zu beobachtenden Phänomene von politischen Entscheidern vorsichtig zu bewerten. Gleichwohl sollte der verzögerten Diffusion insbesondere bei digitalen Technologien entgegengewirkt werden.

Die Expertenkommission ist grundsätzlich optimistisch, dass keine flächendeckende Erschöpfung technologischer Potenziale zu befürchten ist. Vielmehr tun sich etablierte Unternehmen in reiferen Industrien oft schwer, den Umstieg auf neue Technologien vorzunehmen, auch wenn diese langfristig mit günstigeren Wachstumsentwicklungen verbunden sein können. Das Beispiel alternativer Antriebstechnologien in der Automobilindustrie zeigt, wie schwer den in eher kurzen Fristen agierenden wirtschaftlichen Entscheiderinnen und Entscheidern ein weitreichender technologischer Wandel fällt – gerade dann, wenn branchenspezifische Produktivitätskennziffern entgegen gesamtwirtschaftlichen Trends positiv ausfallen.[213]

Eine fortschreitende Marktkonzentration in verschiedenen Industrien und die Konzentration der Innovationsaktivitäten auf zunehmend weniger Akteure deuten eher darauf hin, dass etablierte Unternehmen auf Basis immer komplexerer Technologien erfolgreich Eintrittsbarrieren errichten. Die daraus resultierende Unsicherheit über Wettbewerbsfähigkeit und Profitabilität neuer Unternehmungen könnte ein Grund für sinkende Gründungsraten und Innovatorenquoten sein. Hierfür verantwortliche Eintrittsbarrieren und Innovationshemmnisse, gerade für radikale Innovationen, sind aus F&I-politischer Sicht in den Blick zu nehmen. So müssen in erster Linie innovationshemmende Regulierungen abgebaut und der Marktzugang für neue Akteure erleichtert werden.

B 1-6 Handlungsempfehlungen

Die Sicherung eines langfristigen Produktivitätswachstums erfordert die Nutzung radikaler Innovationen und insbesondere deren zügige Diffusion. Durch die Gestaltung des regulatorischen Umfelds hat die Bundesregierung darauf einen wichtigen Einfluss, den sie nutzen sollte. Die Expertenkommission hält dabei die folgenden Aspekte für essenziell:

– Die Grundlagenforschung als wichtige Quelle radikaler Innovationen ist zu stärken. Sie sollte auch dann nicht zugunsten der angewandten Forschung vernachlässigt werden, wenn diese kurzfristig zu erreichende Innovations- und Wachstumsbeiträge verspricht. Zentrale Voraussetzung für die Innovationswirkung ist der Wissens- und Erkenntnistransfer aus der Grundlagenforschung in die ökonomische Anwendung. Für beide genannten Felder, Wissenschaftssystem und Transfer, hat die Expertenkommission in ihrem letzten Jahresgutachten detaillierte Empfehlungen erarbeitet.[214]
– Innovationen können nur dann in breitem Umfang produktivitätswirksam werden, wenn sie breite Anwendung finden. Es ist daher wichtig, die Diffusion radikaler Innovationen und ihrer Folgeinnovationen durch geeignete Maßnahmen zu unterstützen. Dies gilt aktuell insbesondere für die digitale Transformation, deren flächendeckende Umsetzung noch aussteht (vgl. Kapitel B 3).
– Das regulatorische Umfeld muss sicherstellen, dass die ökonomischen Akteure agil neue technologische Chancen aufgreifen, radikale Innovationen generieren und sie an den Markt bringen können. Dafür bedarf es geeigneter Rahmenbedingungen, z.B. im Wettbewerbsrecht, um neuen Akteuren einen barrierefreien Marktzugang zu ermöglichen und die Entstehung dominanter Unternehmen zu verhindern, wie auch im Finanzierungsbereich, um die Gründung und das Wachstum innovativer junger Unternehmen zu unterstützen.
– Die empirisch-methodischen Probleme der Wachstums-, Produktivitäts- und Innovationsmessung erschweren die fortlaufende Bewertung des F&I-Systems und die Entwicklung geeigneter politischer Maßnahmen. Die Expertenkommission begrüßt ausdrücklich das vom BMBF aufgelegte „Forschungsvorhaben zur Weiterentwicklung der Indikatorik für Forschung und Innovation“.[215] Sie empfiehlt unter Einbeziehung der relevanten Akteure (Statistisches Bundesamt, Bundesbank, etc.), konkrete Metriken zur verbesserten Messung der Wachstums-, Produktivitäts- und Innovationsentwicklung zu erarbeiten.

B 2 Herausforderungen der europäischen F&I-Politik

Die europäische F&I-Politik finanziert und organisiert Forschungs- und Innovationsaktivitäten mittels verschiedener Programme und Instrumente. Neben der Förderung exzellenter Forschung zielt die europäische F&I-Politik auch auf die Überwindung von Entwicklungsrückständen in schwächeren Regionen ab.

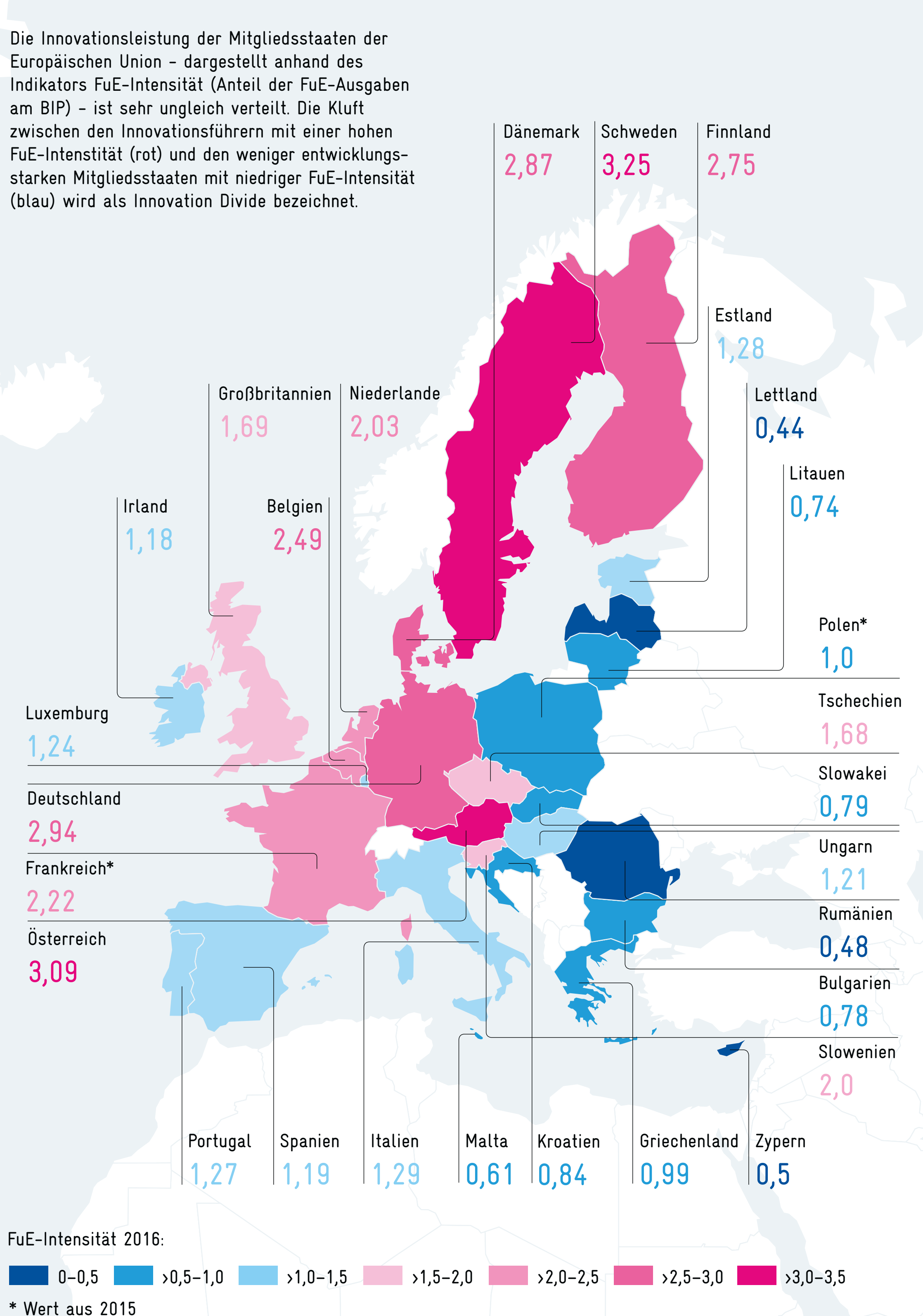
Mittel der Europäischen Kommission zur Förderung von Forschung und Innovation 2014–2020 in Mrd. Euro



Quelle: [1] Vgl. Weber et al. (2018). [2] Vgl. Europäische Kommission (2017) sowie https://cohesiondata.ec.europa.eu/funds (letzter Abruf 17. Januar 2018).

FuE-Intensität der EU-Mitgliedsstaaten

Die Innovationsleistung der Mitgliedsstaaten der Europäischen Union – dargestellt anhand des Indikators FuE-Intensität (Anteil der FuE-Ausgaben am BIP) – ist sehr ungleich verteilt. Die Kluft zwischen den Innovationsführern mit einer hohen FuE-Intenstität (rot) und den weniger entwicklungsstarken Mitgliedsstaaten mit niedriger FuE-Intensität (blau) wird als Innovation Divide bezeichnet.



Quelle: OECD (2018).

B 2 Herausforderungen der europäischen F&I-Politik

B 2-1 Einleitung

Der weltweite Wissens- und Innovationswettbewerb hat sich in den vergangenen Dekaden intensiviert. Die Europäische Union (EU) hat auf diese Herausforderung u. a. mit der Erklärung von Lissabon (2000) reagiert, in der sie die Absicht formuliert hat, Europa zum wettbewerbsfähigsten und dynamischsten wissensbasierten Wirtschaftsraum der Welt machen zu wollen.[216] Für dieses sehr ambitionierte Ziel beschlossen EU-Kommission und Mitgliedsstaaten, ihre Wissenschafts-, Forschungs- und Innovationspolitik stärker als zuvor zu koordinieren und dadurch einen Europäischen Forschungsraum zu schaffen. Der Europäische Forschungsraum soll die nationalen Forschungssysteme miteinander verbinden und effektiver gestalten, einen offenen Arbeitsmarkt für Forscherinnen und Forscher sicherstellen sowie den Austausch und Transfer von wissenschaftlichen Erkenntnissen verbessern.[217]

Die EU kann mittlerweile auf Erfolge in ihrer F&I-Politik verweisen. So ist beispielsweise im Jahr 2007 mit der Einrichtung des Europäischen Forschungsrates (European Research Council, ERC) zur Unterstützung exzellenter Forschungsvorhaben eine wichtige europäische Institution geschaffen worden. Auch die länder- und sektorenübergreifende Mobilität von Forschenden konnte u. a. durch die Marie-Skłodowska-Curie-Maßnahmen (ab 2007) gestärkt werden. Zudem ist nach Überwindung zahlreicher Hürden im Jahr 2016 das europäische Satellitennavigationssystem Galileo gestartet worden.[218]

Trotz dieser Erfolge bleibt die Liste der Herausforderungen lang. Die Weiterentwicklung der europäischen F&I-Politik stellt ein äußerst komplexes Unterfangen dar. Vor diesem Hintergrund konzentriert die Expertenkommission ihre Analyse auf vier Teilbereiche der europäischen F&I-Politik:

- die Strukturen der europäischen F&I-Politik mit Fokus auf das 8. Rahmenprogramm für Forschung und Innovation (Kurzname: Horizont 2020) sowie die Europäischen Struktur- und Investitionsfonds (ESI-Fonds),
- die Förderung deutscher Unternehmen durch europäische Programme (insbesondere Horizont 2020),
- die Einrichtung eines Europäischen Innovationsrates (European Innovation Council, EIC) sowie
- den geplanten Austritt Großbritanniens aus der EU (Brexit).

B 2-2 Zentrale Programme der europäischen F&I-Politik

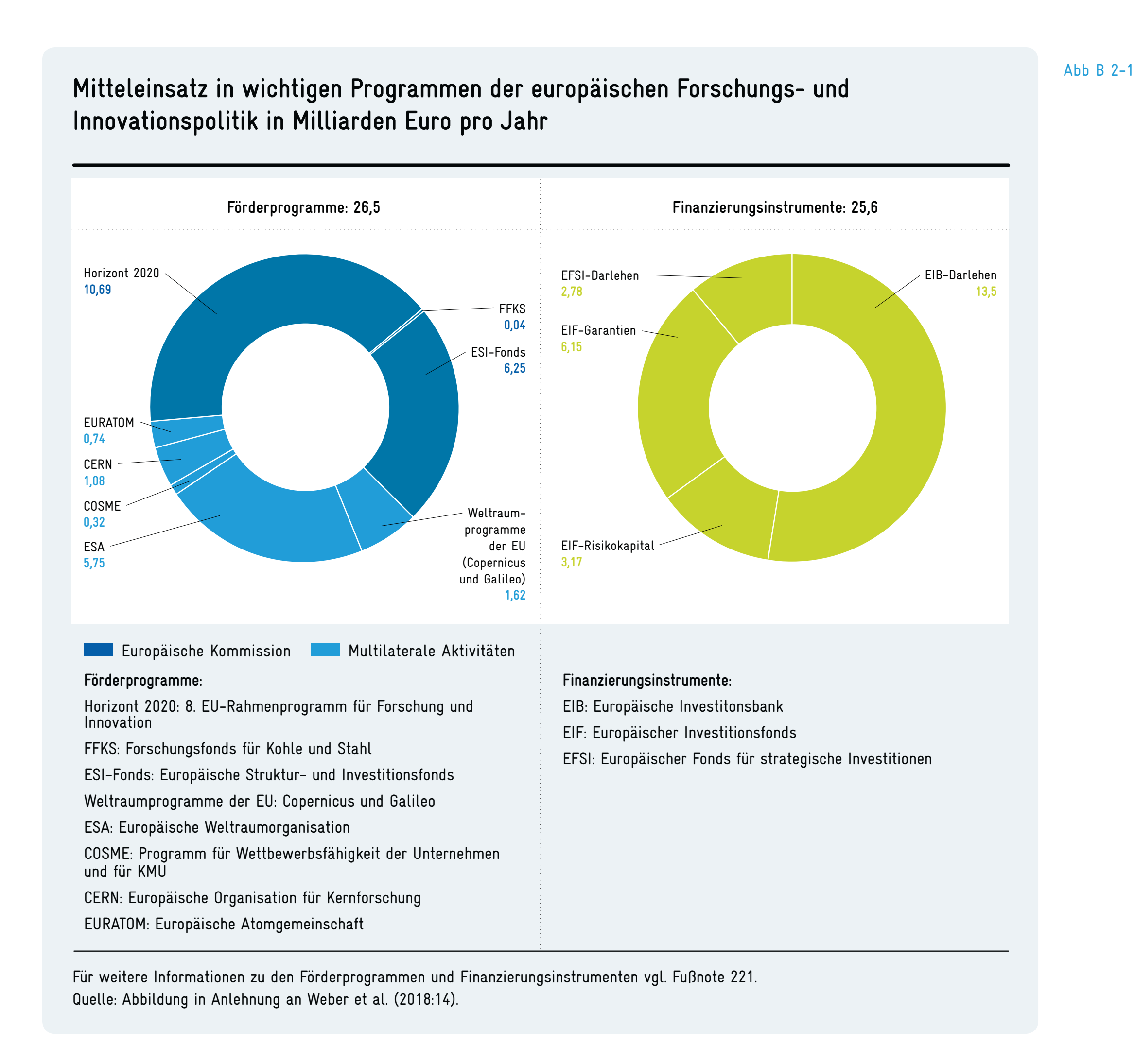
Die Notwendigkeit einer europäischen F&I-Politik – neben den nationalen F&I-Politiken – wird mit der Schaffung eines europäischen Mehrwerts begründet. Dieser Mehrwert ergibt sich strukturell aus der grenzüberschreitenden und transdisziplinären Zusammenarbeit sowie dem Austausch und der gemeinsamen Nutzung von Wissen und Infrastrukturen.[219]

Die EU weist zudem in der Verordnung zu ihrem aktuellen Forschungsrahmenprogramm Horizont 2020 darauf hin, dass die großen gesellschaftlichen Herausforderungen von den Mitgliedsstaaten allein nicht effizient bewältigt werden können. Eine Form des Mehrwertes der europäischen F&I-Politik liegt daher auch in der gemeinsamen Bewältigung dieser Herausforderungen.[220]

Die europäische F&I-Förderung umfasst zahlreiche Programme, die durch verschiedene EU-Generaldirektionen verwaltet werden. Hinzu kommen noch weitere Programme, die multilateral organisiert sind und die neben der EU und den Mitgliedsstaaten auch teilweise Nicht-EU-Staaten einbeziehen. Diese

Abb B 2-1

Mitteleinsatz in wichtigen Programmen der europäischen Forschungs- und Innovationspolitik in Milliarden Euro pro Jahr



Für weitere Informationen zu den Förderprogrammen und Finanzierungsinstrumenten vgl. Fußnote 221.
Quelle: Abbildung in Anlehnung an Weber et al. (2018:14).

Strukturen stellen ein komplexes und fragmentiertes Gebilde dar, das schwer zu koordinieren ist.

Darüber hinaus werden die Mittel aus den ESI-Fonds von der EU bereitgestellt, aber auf nationaler Ebene administriert. Daher besteht die Gefahr, dass Fördermittel nicht zielgerecht eingesetzt werden.

Abbildung B 2-1 gibt einen Überblick über die europäische F&I-Förderung.[221] Die wichtigsten F&I-Förderprogramme der EU sind das 8. Forschungs- und Innovationsrahmenprogramm Horizont 2020 und die ESI-Fonds – beide Programme laufen von 2014 bis 2020. Neben den F&I-Förderprogrammen der EU gibt es weitere multilateral organisierte F&I-Förderprogramme sowie Finanzierungsinstrumente für F&I-Aktivitäten wie Darlehen, Garantien und Risikokapital. Das Finanzierungsvolumen der dargestellten Förderprogramme liegt bei rund 26,5 Milliarden Euro pro Jahr. Über die F&I-Finanzierungsinstrumente werden pro Jahr weitere 25,6 Milliarden Euro bereitgestellt.

Die aktuelle Diskussion um die Ausgestaltung und Zielsetzung der europäischen F&I-Politik fokussiert vor allem auf zwei Themen. Zum einen geht es um die Stärkung des Wissens- und Erkenntnistransfers aus der Forschung in die ökonomische Anwendung – ein Problembereich, der es im Zuge der Diskussion um das Europäische Paradoxon (vgl. Box B 2-2) bereits auf die Agenda der Lissabon-Strategie geschafft hat, aber mit den verschiedenen Rahmenprogrammen noch nicht zufriedenstellend gelöst werden konnte. Zum

Box B 2-2

Das Europäische Paradoxon

Im Jahr 1995 wurde in einem Dokument der EU erstmals davon gesprochen, dass Europa gegenüber den USA eine Schwäche im Wissens- und Erkenntnistransfer trotz vergleichsweise starker wissenschaftlicher Leistung aufweist.[222] Diese Hypothese wird als das Europäische Paradoxon bezeichnet. Im schwächeren Wissens- und Erkenntnistransfer wird der Hauptgrund für die im Vergleich mit den USA schwächere Innovationsleistung Europas vermutet. Jüngere Studien deuten jedoch darauf hin, dass Europa auch in wissenschaftlicher Hinsicht einen Rückstand gegenüber den USA aufweisen könnte.

Insofern sind Zweifel angebracht, ob Europa in absehbarer Zeit bei der Innovationsleistung mit den USA gleichziehen wird.[223]

Box B 2-3

Die Innovationskluft (Innovation Divide) zwischen den EU-Mitgliedsstaaten

Die F&I-Leistung der Mitgliedsstaaten der EU ist sehr ungleich verteilt. So besteht zwischen den Innovationsführern in Nord- und Zentraleuropa und den weniger entwicklungsstarken Mitgliedsstaaten in Süd- und Osteuropa eine große Kluft, die in der Literatur als Innovation Divide bezeichnet wird.[224]

Innerhalb von Horizont 2020 soll vor allem das Programm Verbreitung von Exzellenz und Ausweitung der Beteiligung dazu beitragen, die Innovationskluft zu schließen. Ziel des Programms ist, die Exzellenzbasis im Bereich F&I zu verbreitern sowie die Beteiligung – speziell der weniger entwicklungsstarken Mitgliedsstaaten – an exzellenzorientierten europäischen F&I-Programmen auszuweiten. Mit Hilfe von Partnerschaftsmaßnahmen (vgl. Endnote 236) soll so das Exzellenz- und Innovationspotenzial der EU auf einer breiteren Ebene freigesetzt und gefördert werden.[225]

Durch eine Koordination der Maßnahmen mit den im Rahmen der EU-Kohäsionspolitik geförderten Prioritäten soll diese Förderung darüber hinaus auch Synergien mit den ESI-Fonds schaffen (vgl. S. 58).[226]

anderen bereitet eine ungleichmäßige Entwicklung der F&I-Aktivitäten unter den EU-Mitgliedsstaaten Sorge – ein Problem, das unter dem Stichwort Innovationskluft bzw. Innovation Divide (vgl. Box B 2-3) diskutiert wird und für das F&I-politische Lösungen erörtert werden.

Stärkung des Innovationsaspekts in Horizont 2020

Die Zielsetzung von Horizont 2020 besteht im Aufbau einer unionsweiten wissens- und innovationsgestützten Gesellschaft. Es soll die wissenschaftliche und technologische Basis Europas stärken und ihren Nutzen für die Gesellschaft fördern. Damit soll Horizont 2020 zur Umsetzung der Europa-2020-Strategie für intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum und zur Verwirklichung des Europäischen Forschungsraumes (EFR) beitragen.[227]

Während die früheren Rahmenprogramme ausschließlich auf die Förderung von Forschungsaktivitäten ausgerichtet waren, erfolgte mit Horizont 2020 erstmals die explizite Integration von Programmen zur Förderung von Innovationen.[228] Die Intention hinter dieser Erweiterung besteht darin, den Transfer herausragender Forschungsergebnisse in erfolgreiche Innovationen zu erleichtern, wovon vornehmlich KMU profitieren sollen. Unter anderem ist vorgesehen, dass 20 Prozent aller in Horizont 2020 verausgabten Mittel an KMU vergeben werden.[229]

Inhaltlich und strukturell gliedert sich Horizont 2020 in die Schwerpunkte Wissenschaftsexzellenz, Führende Rolle der Industrie und Gesellschaftliche Herausforderungen (vgl. Tabelle B 2-4), wobei diese Schwerpunkte jeweils verschiedene Unterprogramme umfassen.[230] Der erste Schwerpunkt, Wissenschaftsexzellenz, zielt vorrangig auf die Förderung wissenschaftsgetriebener, grundlagenorientierter Forschung, die bessere Vernetzung und Erhöhung der Mobilität von Forschenden sowie den leichteren Zugang zu Forschungsinfrastrukturen ab. In diesem Schwerpunkt sind u. a. der Europäische Forschungsrat[231] sowie die Marie-Skłodowska-Curie-Maßnahmen[232] angesiedelt. Der zweite Schwerpunkt, Führende Rolle der Industrie, betont die Transferdimension und umfasst Programme zur Förderung von Industrie- und Schlüsseltechnologien.[233] Daneben enthält dieser Schwerpunkt erstmals Programme zum vereinfachten Zugang zu Wagniskapitalfinanzierung[234] sowie ein Instrument zur Förderung von Innovationen

Tab B 2-4

Vergleich der Zuwendungen zwischen dem 7. Forschungsrahmenprogramm (7. FRP) und Horizont 2020 in Millionen Euro

Programmbereiche	7. FRP 2007-2013[1)]	Horizont 2020 2014-2020	Veränderung 7. FPR zu Horizont 2020
Schwerpunkte			
I. Wissenschaftsexzellenz	13.975	24.232	73%
II. Führende Rolle der Industrie	15.291	16.467	8%
III. Gesellschaftliche Herausforderungen	18.458	28.630	55%
Querschnittsbereiche			
Verbreitung von Exzellenz und Ausweitung der Beteiligung	716	817	14%
Wissenschaft mit und für die Gesellschaft	330	445	35%
Gemeinsame Forschungsstelle (JRC)	1.751	1.856	6%
Europäisches Innovations- und Technologieinstitut (EIT)[2)]		2.383	

[1)] Aufgrund der strukturellen Neuausrichtung lassen sich verschiedene Bereiche des 7. FRP nicht mit Bereichen in Horizont 2020 vergleichen. [2)] EIT nicht Bestandteil des 7. FRP.
Quelle: Weber et al. (2018).

in KMU.[235] Im dritten Schwerpunkt, Gesellschaftliche Herausforderungen, werden Projekte gefördert, die zur Bewältigung großer gesellschaftlicher Herausforderungen, wie beispielsweise des Klimawandels und der nachhaltigen Mobilität, beitragen können.

Neben den Schwerpunkten umfasst Horizont 2020 vier weitere Querschnittsbereiche (vgl. Tabelle B 2-4). Das Programmelement Verbreitung von Exzellenz und Ausweitung der Beteiligung zielt darauf, durch geeignete Maßnahmen[236] die Kluft hinsichtlich der Innovationskraft der EU-Mitgliedsstaaten zu schließen (vgl. Box 2-3). Der Querschnittsbereich Wissenschaft mit der und für die Gesellschaft verfolgt das Ziel, die Akzeptanz von Wissenschaft in der Gesellschaft zu steigern. Die Gemeinsame Forschungsstelle (JRC) fungiert als wissenschaftlicher Dienst der Europäischen Kommission. Zu ihren Aufgaben zählt die Erstellung wissenschaftlicher Untersuchungen zur Unterstützung der EU-Politiken. Das 2014 in Horizont 2020 aufgenommene Europäische Innovations- und Technologieinstitut (European Institute of Innovation and Technology, EIT) soll durch die Integration aller Bereiche des Wissensdreiecks Bildung, Forschung und Innovation dazu beitragen, die Innovationskapazität in den EU-Mitgliedsstaaten zu erhöhen (vgl. S. 60).[237]

Neben einer Vielzahl verschiedener Förderbereiche existieren in Horizont 2020 auch zahlreiche unterschiedliche Förderformen wie beispielsweise Forschungs- und Innovationsmaßnahmen, Koordinierungsmaßnahmen, Ko-Finanzierungsmaßnahmen und Partnerschaften.[238]

Das Gesamtbudget von Horizont 2020 beträgt 74,8 Milliarden Euro.[239] Dies stellt im Vergleich zum Budget des 7. Forschungsrahmenprogramms (7. FRP) mit 55,8 Milliarden Euro eine Steigerung um 34 Prozent dar.[240] Der Anteil von Horizont 2020 am gesamten EU-Budget für den Zeitraum 2014 bis 2020 liegt bei 7,3 Prozent.[241] Der starke Mittelaufwuchs ist einerseits das Ergebnis der Integration verschiedener Programme,[242] andererseits wurden einige Teile von Horizont 2020 gegenüber dem 7. FRP deutlich besser dotiert.[243] Tabelle B 2-4 dokumentiert die budgetäre Entwicklung vom 7. FRP zu Horizont 2020. Hier zeigt sich, dass die Budgets der Schwerpunkte Wissenschaftsexzellenz und Gesellschaftliche Herausforderungen im Vergleich zum 7. FRP deutlich erhöht wurden.[244] Für den Schwerpunkt Führende Rolle der Industrie ist hingegen nur eine unterdurchschnittliche Steigerung der Förderung von 8 Prozent zu verzeichnen. Um den Zuwachs der Dimension Wissens- und Erkenntnistransfer vom 7. FRP zu Horizont 2020 abzuschätzen, müssen diese 8 Prozent um die in Gesellschaftliche Herausforderungen enthaltenen, aber nicht klar quantifizierbaren Transferelemente sowie auch um den Zuwachs durch das EIT erhöht werden.

Wachsende Bedeutung der ESI-Fonds für die F&I-Förderung

Neben Horizont 2020 stellen die ESI-Fonds[245] mit ihren Mitteln zur Förderung von F&I die finanzstärksten Instrumente der europäischen F&I-Politik dar.[246] Ihre primäre Zielsetzung, Entwicklungsrückstände in schwächeren Regionen zu überwinden, wurden 2007 u. a. um den Aspekt der Förderung von Forschung, technologischer Entwicklung und Innovation ergänzt.[247] In der aktuellen Verordnung der EU zu den ESI-Fonds aus dem Jahr 2013 wird die Stärkung von Forschung, technologischer Entwicklung und Innovation als deren erstes thematisches Ziel angeführt.[248] Die ESI-Fonds setzen sich aus fünf Fonds zusammen, von denen drei Fonds Mittel zur Förderung von F&I-Aktivitäten enthalten (EFRE, ELER, ESF). Das Gesamtbudget der Fonds für den Zeitraum 2014 bis 2020 umfasst rund 448 Milliarden Euro, von denen etwa ein Zehntel (45 Milliarden Euro) für F&I-Aktivitäten vorgesehen ist.

Im Rahmen einer europäischen Kohäsionspolitik sollen die F&I-Maßnahmen der ESI-Fonds dazu beitragen, F&I-Infrastrukturen sowie F&I-Kapazitäten in den weniger entwicklungsstarken EU-Mitgliedsstaaten auf- bzw. auszubauen. Ziel der Förderung ist, die bestehende Innovationskluft zwischen innovationsstarken und weniger entwicklungsstarken EU-Mitgliedsstaaten zu schließen und den Europäischen Forschungsraum auf eine breitere Basis zu stellen.[249]

Dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) kommt mit einem Fördervolumen von etwa 41 Milliarden Euro für F&I-Aktivitäten eine zentrale Rolle zu.[250] Die Investitionsprioritäten des EFRE liegen in der Stärkung von Forschung, technologischer Entwicklung und Innovation. Durch die Unterstützung beim Ausbau von F&I-Infrastrukturen sowie durch die Förderung des Ausbaus von Kapazitäten für die Entwicklung von Spitzenleistungen soll der EFRE dazu beitragen, die Innovationskluft zwischen den EU-Mitgliedsstaaten zu verringern.[251]

Weitere 2,6 Milliarden Euro für F&I-Aktivitäten werden über den Europäischen Landwirtschaftsfonds zur Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) vergeben.[252] Darüber hinaus sind im Europäischen Sozialfonds (ESF) 1,8 Milliarden Euro für die „Intensivierung des Humankapitals“ in F&I vorgesehen.[253]

Förderung deutscher Akteure durch EU-Mittel

B 2–3

Die EU hat ihre Forschungsförderung mit Horizont 2020 zu einer Forschungs- und Innovationsförderung erweitert. In diesem Zusammenhang haben auch die Themen Transfer und KMU eine deutliche Aufwertung erfahren. Im folgenden Unterkapitel wird analysiert, welche Bedeutung die europäische Förderung im Vergleich zur nationalen Förderung für deutsche Unternehmen hat.

Förderung durch Horizont 2020 für deutsche Unternehmen von Bedeutung

Im Rahmen von Horizont 2020 werden etwa 317 Millionen Euro Fördermittel pro Jahr an deutsche Unternehmen vergeben. Die Fachprogrammförderung des Bundes stellt hingegen pro Jahr rund 750 Millionen Euro an Fördermitteln bereit. Über das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) werden zusätzlich die internen FuE-Aktivitäten von Unternehmen mit rund 280 Millionen Euro pro Jahr gefördert.[254] Hinzu kommt die Förderung durch die Bundesländer und die weitere Förderung außerhalb der Fachprogramme des Bundes.

Die Förderung durch Horizont 2020 macht nur einen kleinen Teil dessen aus, was deutschen Unternehmen, Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen (AUF) von staatlicher Seite zur Finanzierung von FuE bereitgestellt wird. So beträgt der Anteil der Fördermittel aus Horizont 2020 an der gesamten staatlichen FuE-Finanzierung (Horizont 2020, Bund und Länder) bei den Hochschulen lediglich 3,1 Prozent. Bei AUF fällt der Anteil mit 4,8 Prozent etwas höher aus.[255] Im Unternehmenssektor liegt der Anteil der Förderung aus Horizont 2020 an allen staatlichen Fördermitteln bei 16,5 Prozent. Bezogen auf die gesamten FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor macht die Horizont 2020-Förderung jedoch nur einen Anteil von 0,56 Prozent aus.[256]

Ähnliche Schwerpunkte deutscher und europäischer F&I-Förderung

Der Vergleich von Unternehmen unterschiedlicher Branchen mit öffentlicher Förderung nach Fördermittelgeber (EU-Rahmenprogramme, BMBF, BMWi und Länder) macht deutlich, dass sich die Förderschwerpunkte des EU-Rahmenprogramms und der

Tab B 2-5

Unternehmen mit öffentlicher Innovationsförderung nach Branchen* und Fördermittelgeber, Durchschnitt 2006–2014 in Prozent und absoluten Zahlen

	nur Förderung durch EU-Rahmenprogramm		Förderung durch EU-Rahmenprogramm und Förderung des Bundes		Förderung des Bundes				Förderung der Länder	
					BMBF		BMWi			
	%	absolut	%	absolut	%	absolut	%	absolut	%	absolut
FuE-Dienstleistungen	4	30	19	322	12	682	7	548	6	489
Pharma/Elektronik/Messtechnik/Optik	5	34	9	149	10	618	9	698	6	523
IKT-Dienstleistungen	14	98	12	207	17	1.013	9	698	10	887
E-Technik/Maschinen- und Fahrzeugbau	11	74	14	226	16	927	22	1.693	16	1.373
Ingenieurdienstleistungen	7	51	4	74	9	551	8	603	6	532
Chemie/Materialen	19	130	14	235	11	672	15	1.158	12	1.009
Sonstige Industrien	9	65	12	205	15	909	20	1.526	22	1.920
Sonstige wissensintensive Dienstleistungen	9	60	5	85	5	305	4	270	7	644
Sonstige Dienstleistungen	22	153	10	162	4	233	6	471	14	1.214
Gesamt	100	693	100	1.666	100	5.910	100	7.664	100	8.591

Lesebeispiel: Von allen öffentlich geförderten Unternehmen, die sowohl eine Förderung aus dem EU-Rahmenprogramm als auch eine Förderung des Bundes erhalten, lassen sich 19 Prozent der Branche der FuE-Dienstleistungen zuordnen.
* Wirtschaftszweige der FuE-intensiven Industrie und der wissensintensiven gewerblichen Dienstleistungen: FuE-Dienstleistungen 72; Pharma, Elektronik, Messtechnik, Optik 21, 26; IKT-Dienstleistungen 61-63; E-Technik, Maschinen-/Fahrzeugbau 27-30; Ingenieurdienstleistungen 71; Chemie, Materialien 13, 16-17, 19-20, 22-24; Sonstige Industrie 5-12, 14-15, 18, 25, 31-39; Sonstige wissensintensive Dienstleistungen 58-60, 64-66, 69-70, 73-74; Sonstige Dienstleistungen 46, 49-53, 78-82.
Quelle: ZEW, Mannheimer Innovationspanel in Weber et al. (2018) sowie eigene Berechnung.

nationalen Förderprogramme nicht systematisch unterscheiden (vgl. Tabelle B 2-5). So entspricht die Branchenstruktur der durch EU-Rahmenprogramme geförderten Unternehmen weitgehend der Branchenstruktur der durch nationale Fachprogramme geförderten Unternehmen. Insbesondere die Fachprogramme des BMBF weisen eine hohe Übereinstimmung mit der Rahmenprogrammförderung auf.[257] Lediglich in den Branchen Chemie/Materialien und Sonstige Dienstleistungen zeigt sich ein vergleichsweise hoher Prozentsatz an Unternehmen, die ausschließlich eine Förderung aus dem EU-Rahmenprogramm erhalten.[258]

Außerdem zeigt sich, dass viele Unternehmen mit ihren FuE-Aktivitäten in beiden Programmarten Fördermöglichkeiten vorfinden und häufig auch nutzen (über alle Branchen hinweg 71 Prozent). Als Folge weisen die meisten Unternehmen mit einer EU-Rahmenprogramm-Förderung auch eine Förderung in den Fachprogrammen des Bundes auf.

Betrachtet man die Förderung von KMU, zeigen sich auch hier deutliche Übereinstimmungen zwischen der EU-Rahmenprogrammförderung und der Förderung über die Fachprogramme des Bundes. So liegt der Anteil der KMU an allen geförderten Unternehmen im 7. FRP und in Horizont 2020 mit 66 Prozent nur knapp unter dem KMU-Anteil der Fachprogrammförderung des Bundes, der im Referenzzeitraum 2007 bis 2016 bei 69 Prozent lag.[259]

Stärkung des Transfers durch EU-Förderung

Mit ihrer Unterstützung von FuE-Aktivitäten trägt die europäische F&I-Politik über unterschiedliche Wege zum Erkenntnis- und Technologietransfer bei. Ein zentraler Beitrag ist die finanzielle Unterstützung von Kooperationsprojekten mit jeweils anderen Innovationsakteuren aus der EU. Da solche grenzüberschreitenden Kooperationen im Rahmen der deutschen Fachprogramme nur ausnahmsweise

gefördert werden bzw. nur einen geringen Anteil an den gesamten Förderaktivitäten ausmachen, weist das EU-Rahmenprogramm hier ein Alleinstellungsmerkmal auf.[260]

Die Förderung von FuE-Kooperationen im EU-Rahmenprogramm findet in großen Projektkonsortien statt. Im Durchschnitt sind an Horizont 2020-Projekten 18 Akteure beteiligt und damit mehr als doppelt so viele wie in Fachprogramm-Projekten des Bundes (7 Akteure). Die Koordination dieser großen, internationalen Projektkonsortien ist für die beteiligten Unternehmen, ebenso wie für Forschungseinrichtungen, mit hohen Transaktionskosten verbunden.[261]

Die Zusammensetzung der Kooperationspartner in Projekten, in denen mindestens ein Unternehmen beteiligt ist, unterscheidet sich nur wenig von der in den Programmen der EU-Rahmenprogrammförderung und in den Fachprogramm-Projekten des Bundes (vgl. Tabelle B 2-6). Kooperationspartner von Unternehmen sowohl in EU- als auch in Bundesprogrammen sind häufig andere Unternehmen.[262] Der Anteil an Hochschulen und AUF als Kooperationspartner von Unternehmen liegt sowohl bei Bundesprogrammen als auch bei EU-Programmen bei etwa 40 Prozent.

Die vergleichsweise stark gestiegene Beteiligung der öffentlichen Verwaltung in EU-Rahmenprogramm-Projekten (7. FRP: 2,5 Prozent; Horizont 2020: 4,3 Prozent) könnte auf den Ausbau der öffentlich-privaten Partnerschaften im Kontext von Horizont 2020 zurückzuführen sein (vgl. Tabelle B 2-6).

Die Kooperationspartner deutscher Unternehmen in Horizont 2020-Projekten kommen zu etwa einem Drittel aus West- bzw. Zentraleuropa. Der Anteil der Partner aus Südeuropa beläuft sich auf 23 Prozent. Bei 20 Prozent der Projekte kommt der Partner aus Deutschland. 18 Prozent stammen aus Nordeuropa. Die Kooperationen mit Partnern aus Osteuropa betragen lediglich 6 Prozent.[263]

Horizont 2020 leistet damit einen wichtigen Beitrag zu Kooperationen von deutschen Unternehmen mit Wissenschaftseinrichtungen und anderen Unternehmen im europäischen Ausland.

Neben der Programmförderung stellt Horizont 2020 ein weiteres Instrument zur Förderung des Wissens- und Erkenntnistransfers bereit: das 2008 eingerichtete Europäische Innovations- und Technologieinstitut (EIT). Deutsche Akteure erhielten im Zeitraum von 2014 bis 2015 mit annähernd 16 Prozent den europaweit größten Anteil an EIT-Fördermitteln.[264]

Den ausführenden Teil des EIT bilden sechs Wissens- und Innovationsgemeinschaften (Knowledge and Innovation Communities, KIC), von denen zwei ihren Hauptsitz in Deutschland haben. Die Aufgabe der KIC besteht darin, Innovationaktivitäten und Unter-

Tab B 2-6

Projektkooperationspartner geförderter Unternehmen nach Fördermittelgeber (EU, Bund) und Förderperiode in Prozent

	EU-Rahmenprogramme			Fachprogramme des Bundes		
	7. FRP 2007-2013	Horizont 2020 2014-2020	Prozentuale Veränderung	2007-2013	2014 - fortlaufend	Prozentuale Veränderung
Unternehmen	49,4	51,4	4,0	61,2	56,3	-8,0
Hochschulen	25,6	22,1	-13,7	21,5	25,4	18,1
Forschungseinrichtungen	19,4	17,6	-9,3	15,6	16,0	2,6
öffentliche Verwaltung	2,5	4,3	72,0	0,6	0,6	0,0
sonstige Einrichtungen	3,1	4,7	51,6	1,2	1,6	33,3
Summe	100	100	-	100	100	-

Quelle: Weber et al. (2018) sowie eigene Berechnungen.

nehmertum zu stärken, Gründungsausbildung zu forcieren und die Finanzierung von Gründungen zu unterstützen. Die KIC verfolgen dabei Themenbereiche, die sich an den großen gesellschaftlichen Herausforderungen wie beispielsweise dem Klimawandel orientieren.[265]

Die Bewertung des EIT fällt ambivalent aus. Einerseits hat eine 2016 vom Europäischen Rechnungshof durchgeführte Zwischenevaluation dem EIT erhebliche Defizite hinsichtlich „der Gesamteffizienz durch den komplexen organisatorischen Rahmen sowie Managementprobleme“ bescheinigt.[266] Andererseits weist das EIT darauf hin, dass die sechs KIC im Zeitraum von 2010 bis 2016 rund 375 Gründungen sowie etwa 500 neue Produkte und Dienstleistungen hervorgebracht haben. Ferner wurden 18 EIT-Gründer auf der „2017 Forbes 30 under 30 Europe list“ geführt.[267]

B 2-4 European Innovation Council als neues Instrument der EU-Innovationsförderung

Der Plan zur Einrichtung eines Europäischen Innovationsrates (European Innovation Council, EIC) wurde erstmals im Juni 2015 durch Carlos Moedas, EU-Kommissar für Forschung, Wissenschaft und Innovation, vorgestellt. Mit dem EIC soll für europäische Innovatoren ab dem Jahr 2021 eine ebenso leistungsfähige und sichtbare Institution zur Verfügung stehen, wie sie mit dem Europäischen Forschungsrat (ERC) bereits für die europäische Wissenschaft existiert.[268]

Die Einrichtung eines EIC wird von der Europäischen Kommission aus verschiedenen Gründen als notwendig erachtet. So leide die EU insbesondere gegenüber den USA an einer Reihe von Defiziten, die die Innovationsleistung bremsen. Zu den angeführten Defiziten gehören eine zu geringe Gründungsdynamik sowie eine zu geringe Anzahl schnell wachsender, international erfolgreicher Start-ups insbesondere in der wachstumsträchtigen Digital- und Internetwirtschaft. Das bisher eingesetzte europäische Instrumentarium zur Innovationsförderung hat sich laut Kommission als zu unübersichtlich und schwerfällig erwiesen, um diese Defizite abzubauen.[269] So stelle die EU mittlerweile zwar ein breites Spektrum von Instrumenten zur Innovationsförderung bereit, deren Wirksamkeit im Hinblick auf die Öffnung neuer Märkte jedoch als unzureichend angesehen werde. Es bestünden demnach Zweifel, ob das Förderinstrumentarium mit den sich verändernden Formen und Praktiken von Innovation – insbesondere in der wachstumsträchtigen Digital- und Internetwirtschaft – Schritt gehalten habe.[270]

Anforderungen an den EIC äußerst vielfältig

Die Anforderungen und Erwartungen an den EIC sind äußerst vielfältig und stehen zum Teil konträr zueinander.[271] Insgesamt können die meisten Vorschläge zur Ausgestaltung des EIC vier verschiedenen Modellen zugeordnet werden.

- Unterstützungsinstrument für Scale-ups,
- Förderinstrument für exzellente Innovationen mit Fokus auf die Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen,
- Motor für die Koordinierung und Integration bestehender Instrumente,
- Schlüssel zu einer integrierten F&I-Politik durch eine verbesserte politische Abstimmung und Koordination zwischen F&I-Politik.[272]

Die Pläne zur Einrichtung eines EIC wurden von Beginn an sehr kontrovers diskutiert.[273] Dies liegt vor allem daran, dass es bereits zahlreiche Instrumente zur Stärkung von Innovationsaktivitäten gibt, deren Verhältnis zum EIC ungeklärt ist.[274] Unter anderem ist offen, wie der Aufgabenbereich des EIC von dem des EIT abgegrenzt werden soll, das bereits 2008 mit dem Ziel gegründet wurde, Aushängeschild europäischer Innovationspolitik zu werden.[275] Das EIT verfolgt mit der Unterstützung langfristig angelegter, weitgehend autonom handelnder KIC einen anderen Ansatz als das EIC, dessen Förderung auf einem Bottom-up-Zugang, d.h. ohne thematische Vorgaben, aufbaut.[276]

EIC-Pilotprojekt im Oktober 2017 gestartet

Ungeachtet der bestehenden Kontroversen wurde Ende Oktober 2017 ein EIC-Pilotprojekt mit einem Budget von 2,7 Milliarden Euro gestartet (Laufzeit 2018 bis 2020). Es zielt nach eigener Aussage darauf ab, herausragende Forschende, Innovierende und KMU mit brillanten Ideen und internationalen Ambitionen zu unterstützen.[277] Außerdem soll das Pilotprojekt mit neuen Ansätzen experimentieren, um die Hervorbringung radikaler Innovationen[278] zu unterstützen.[279]

Als Eckpunkte des Vorhabens werden benannt:
Integrierter und transparenter Zugang zu bisherigen Horizont 2020-Elementen: Instrumente wie FET Open, KMU-Instrument, Innovationspreis und Fast

Track to Innovation[280] werden zum Zwecke der Unterstützung insbesondere von Scale-ups gebündelt. Dadurch soll ein One-Stop-Shop-Modell realisiert und der Zugang für potenzielle Fördernehmer, insbesondere für wachstumsorientierte junge Unternehmen, vereinfacht werden.

Neue Abwicklungsmodalitäten: Um den Förderprozess schneller und anpassungsfähiger zu machen, werden themenoffene Ausschreibungen in einem zweistufigen Verfahren umgesetzt, bei dem die Antragstellenden auch interviewt werden. Der Persönlichkeit der Innovatorinnen und Innovatoren kommt dadurch ein größeres Gewicht zu als in klassischen, rein projektbezogenen Programmen.

Einrichtung einer Gruppe hochrangiger Innovatorinnen und Innovatoren: Eine Gruppe von erfahrenen Persönlichkeiten aus den Bereichen Innovation, Risikokapital und Innovationsförderung soll bei der Auswahl von Förderanträgen ihre Erfahrungen einbringen.[281]

Die Erfahrungen mit diesen Pilotaktivitäten sollen die Grundlage für den Aufbau eines EIC im nächsten Rahmenprogramm bilden. Dass mit der Einrichtung eines EIC zu rechnen ist, legt der im Juni 2017 veröffentlichte Lamy-Report nahe, ein im Auftrag der EU-Kommission verfasster Expertenbericht zur Erhöhung der Wirksamkeit europäischer F&I-Programme. Der Lamy-Report empfiehlt die Einrichtung eines EIC als zentrale Institution innerhalb des kommenden 9. Rahmenprogramms und als komplementären Pfeiler zum ERC.[282]

Die deutsche Bundesregierung hat sich ebenfalls für die Einrichtung des EIC ausgesprochen. Der EIC soll als Dach für ein konsolidiertes Portfolio europäischer Innovationsförderinstrumente dienen, von dem vor allem Unternehmen profitieren.[283] Dabei sollte die Einführung des EIC für die Reform des bestehenden KMU-Instruments genutzt werden, das nach Ansicht der Bundesregierung die Förderaktivitäten der Mitgliedsstaaten derzeit lediglich doppelt. Ziel sollte es sein, dass die EIC-Förderung eine Zusammenarbeit der KMU mit europäischen Partnern von Beginn an vorsieht, um so „KMUs zum Scaling-up ihrer Aktivitäten auf europäischen und internationalen Märkten zu befähigen“.[284] Die Einzelförderung von KMU auf europäischer Ebene wird unter Verweis auf derzeitige Fehlentwicklungen, wie z. B. fehlende Wirksamkeit, Rückgang nationalen Förderengagements und hohe Überzeichnungsquoten der Förderprogramme, abgelehnt.[285]

Die Unterstützung radikaler Innovationen durch den EIC wird erwähnt, aber nicht weiter ausgeführt. Es wird lediglich darauf verwiesen, dass der EIC einen Beitrag leisten muss, damit in Europa mehr marktöffnende, radikale Innovationen entstehen.[286]

Konzepte zur Förderung radikaler Innovationen

Parallel zur Diskussion um das EIC wurden im vergangenen Jahr in Deutschland und Frankreich Konzepte zur Gründung von Einrichtungen erarbeitet, die die Hervorbringung radikaler Innovationen, die auch als Sprunginnovationen bezeichnet werden können, zum Ziel haben.

In Deutschland wurde im Rahmen des Innovationsdialogs im Sommer 2017 ein Konzeptpapier für die Errichtung einer Agentur für radikale Innovationen an die Bundeskanzlerin übergeben. Der Vorschlag wurde damit begründet, dass es im deutschen Innovationssystem zwar eine gut funktionierende Förderung evolutionärer Innovationsprozesse gibt, aber keine Förderstrukturen, die sich explizit auf das Hervorbringen radikaler Innovationen konzentrieren.[287]

Um dieses Defizit zu überwinden, wurde eine Agentur vorgeschlagen, deren Strukturen sich klar von denen etablierter Fördereinrichtungen abheben. In Anlehnung an das US-amerikanische DARPA-Modell (Defense Advanced Research Project Agency) soll die Agentur ein für öffentliche Einrichtungen außerordentlich hohes Maß an Unabhängigkeit von politischer Steuerung und Kontrolle sowie große Flexibilität beim Management ihrer Programme erhalten. Freiräume für unternehmerisches Handeln sind ebenso vorgesehen wie Freiräume für die Durchführung von Experimenten. Um institutionelle Verkrustungen zu vermeiden und den Zufluss neuer Ideen zu sichern, ist geplant, die Agentur- und Projektleitung periodisch auszuwechseln.[288]

In Frankreich brachten im Oktober 2017 Vertreterinnen und Vertreter aus Wissenschaft und Wirtschaft die Forderung nach Gründung einer französisch-deutschen Agentur für radikale Innovationen vor.[289] Die Joint European Disruptive Initiative (JEDI) bezieht sich ebenfalls auf das Vorbild der US-amerikanischen DARPA, ist jedoch – anders als diese – an einem Top-down-Ansatz ausgerichtet, d. h., die Themen werden von der Leitungsebene vorgegeben. Die Initiative soll sich auf wenige Prioritäten konzentrieren, Projekte zügig auswählen,

technologische Wagnisse ermutigen, zwischen einer und 30 Millionen Euro pro Projekt vergeben können sowie den Schwerpunkt ihrer Arbeit auf eine schnellstmögliche Prototyp-Entwicklung setzen. Auch wenn JEDI als französisch-deutsche Initiative – bisher ohne offizielle regierungsseitige Unterstützung – außerhalb der EU-Institutionen konzipiert ist, betonen die Initiatoren die Offenheit für weitere europäische Partner.[290]

B 2-5 Herausforderung Brexit

Die Bedeutung Großbritanniens für die europäische Forschung

Großbritannien zählt zu den wichtigsten Akteuren des Europäischen Forschungsraums und ist an zahlreichen Forschungskooperationen beteiligt. In Horizont 2020 nimmt es an 4.793 Projekten teil und liegt damit in Europa an erster Stelle, noch vor Deutschland mit 4.750 Projektbeteiligungen und Spanien mit 3.785 Projektbeteiligungen.[291] Mehr als 7.300 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erhalten eine Förderung aus Horizont 2020, so viele wie in keinem anderen EU-Land.[292]

Die enge wissenschaftliche Zusammenarbeit zwischen Großbritannien und anderen EU-Staaten schlägt sich auch in der Anzahl der Ko-Publikationen nieder. Während britische Forschende gemeinsam mit US-amerikanischen Forschenden im Zeitraum von 2005 bis 2015 gemeinsam 198.000 Publikationen veröffentlichten, waren es allein mit den drei wichtigsten europäischen Partnerländern – Deutschland, Frankreich, Italien – über 218.000 Publikationen.[293]

Auch für ausländisches Forschungspersonal ist Großbritannien außerordentlich attraktiv. Rund 16 Prozent des akademischen Personals an britischen Universitäten stammt aus der EU, weitere 12 Prozent aus dem außereuropäischen Ausland. Bei Doktoranden liegt der Anteil der EU-Ausländerinnen bzw. -Ausländer bei 14 Prozent, der Anteil der Nicht-EU-Ausländerinnen bzw. -Ausländer sogar bei 36 Prozent.[294] Die Attraktivität des Forschungsstandortes Großbritannien lässt sich auch daran ablesen, dass an britischen Einrichtungen mehr ERC-Geförderte (79) forschen als an Einrichtungen in Deutschland (67), Frankreich (53) oder den Niederlanden (35).[295]

Mit dem im Juni 2016 per Referendum beschlossenen Austritt aus der EU und unter Berücksichtigung der vorgesehenen zweijährigen Verhandlungsperiode wird die EU ab März 2019 einen ihrer wichtigsten Akteure und einen ihrer wertvollsten Wissenschaftsstandorte verlieren.

Was dieser Austritt für Großbritannien und den Europäischen Forschungsraum bedeutet, ist derzeit noch weitgehend unklar. Zwar hat die britische Regierung in einem Positionspapier zur Zukunft der Wissenschaftskooperation mit der EU erklärt, nach dem Brexit eine ambitioniertere und engere Partnerschaft mit der EU formen zu wollen als jede bisher bestehende Partnerschaft zwischen der EU und einem Nicht-EU-Land,[296] jedoch fehlen konkrete Aussagen, wie dieses Ziel erreicht werden soll.

Modelle für die Anbindung Großbritanniens nach dem Brexit

Derzeit sind 15 Länder mit Horizont 2020 assoziiert. Die Assoziierungsabkommen basieren auf bilateralen Regelungen zwischen der EU und dem jeweiligen assoziierten Land. Die Ausgestaltung der jeweiligen Abkommen ist daher sehr unterschiedlich, zumal sie im Zusammenhang mit anderen Abkommen, wie z. B. der Teilnahme am EU-Binnenmarkt, stehen.[297] Neben der Assoziierung gibt es auch die Möglichkeit einer Teilnahme an Horizont 2020 als sogenannter Drittstaat.[298]

Im Folgenden werden anhand von drei Ländern die unterschiedlichen Möglichkeiten einer Einbindung in bzw. Anbindung an die europäische F&I-Politik modellhaft dargestellt.[299]

Norwegisches Modell – vollassoziierter Partner

Norwegen nimmt als Mitglied des Europäischen Wirtschaftsraums (EWR) am EU-Binnenmarkt teil. Entsprechend gelten die vier Grundfreiheiten des freien Verkehrs von Waren, Dienstleistungen, Kapital und Personen sowie große Teile des übrigen Unionsrechts. Als vollassoziiertes Land zahlt Norwegen Beiträge an den EU-Haushalt und partizipiert in vollem Umfang an den forschungspolitischen Initiativen der EU.

Das norwegische Modell – inklusive einer Mitgliedschaft im EWR – würde die volle Teilnahme britischer Organisationen am Rahmenprogramm sichern, allerdings mit weniger Mitsprachemöglichkeiten auf politischer Ebene.

Schweizer Modell (2014 bis 2016) – teilassoziierter Partner

Die Schweiz ist nicht Mitglied des EWR, sondern regelt eine Vielzahl von Rechtsmaterien mit der EU über bilaterale Abkommen. Auf diese Weise sichert sich die Schweiz auch den Zugang zu vielen Bereichen des europäischen Binnenmarkts.

Im Jahr 2004 wurde die Schweiz an das damalige 6. Forschungsrahmenprogramm vollassoziiert und leistete dafür einen Pflichtbeitrag an die EU. Schweizer Forschende verfügten durch diesen Schritt über die gleichen Rechte wie ihre Kolleginnen und Kollegen aus EU-Mitgliedsstaaten bei der Eingabe von Projektvorschlägen. Sie konnten auch Fördergelder direkt von der EU beziehen.[300]

Im Jahr 2014 lehnte die EU aufgrund von Ratifizierungsproblemen bei der Personenfreizügigkeit die erneute Vollassoziierung der Schweiz an ihrem neuen Rahmenprogramm Horizont 2020 ab. Die Schweiz erhielt daraufhin den Status eines Drittstaates.[301] Nachdem die Probleme bei der Personenfreizügigkeit gelöst waren, wurde zu Beginn des Jahres 2017 die Vollassoziierung wiederhergestellt.

Als teilassoziiertes Partnerland war es der Schweiz zwischen 2014 und 2016 nicht möglich, an allen Bereichen von Horizont 2020 zu partizipieren: Während sie am sogenannten ersten Pfeiler von Horizont 2020 (Wissenschaftsexzellenz) und an Euratom assoziiert blieb, erhielt sie für den zweiten (Führende Rolle der Industrie) und den dritten Pfeiler (Gesellschaftliche Herausforderungen) nur einen Status als Drittstaat. Schweizer Forschende konnten sich in diesen beiden Bereichen zwar weiterhin an europäischen Kooperationsprojekten beteiligen, erhielten aber keine Finanzierung durch die EU mehr.[302]

Kanadisches Modell – nichtassoziierter Drittstaat

Kanada fällt, genauso wie der Rest der Welt, in Bezug auf Horizont 2020 in die Kategorie eines nichtassoziierten Drittstaats.[303] Dies ist auch der Status, den Großbritannien ohne weitere bilaterale Abkommen mit der EU erlangen würde. Organisationen aus nichtassoziierten Drittstaaten können zwar an Projekten in Horizont 2020 teilnehmen, erhalten für die Beteiligung aber in der Regel keine finanzielle Förderung von der EU. Sie werden durch die EU nur gefördert, wenn dies in der Ausschreibung explizit vorgesehen ist oder die Teilnahme der Organisation für den Projekterfolg unbedingt notwendig erscheint. Kanadische Teilnehmerinnen und Teilnehmer müssen deshalb um Ko-Finanzierung im eigenen Land ersuchen.[304]

Ansonsten bleiben als Teilnahmemöglichkeiten an Horizont 2020 nur diejenigen Projekte, die ausdrücklich eine internationale Kooperation mit nichtassoziierten Drittstaaten vorsehen, wie etwa ERA-Net. Ferner bieten der ERC und die Marie-Skłodowska-Curie-Initiative Teilnahmemöglichkeiten für nichtassoziierte Drittstaaten. ERC-Grants stehen Forscherinnen und Forschern aus anderen Staaten offen, wenn sie die zugewiesenen Mittel an einer Einrichtung in der EU oder einem assoziierten Staat verwenden, um ihre Forschungsprojekte durchzuführen.[305]

Handlungsempfehlungen

B 2–6

Die F&I-Politik der EU ist ein relativ junger Politikbereich, der durch ausgesprochen ambitionierte Zielformulierungen gekennzeichnet ist.

Bereits im Jahr 2000 formulierte der Europäische Rat in Lissabon die Absicht, Europa bis 2010 zum wettbewerbsfähigsten und dynamischsten wissensbasierten Wirtschaftsraum der Welt zu machen.[306] In diesem Zusammenhang äußerte die EU auch das Ziel, die FuE-Ausgaben bis 2010 in allen EU-Ländern auf 3 Prozent des Bruttoinlandsprodukts (BIP) zu steigern.[307] Wenige Jahre später wurde das EIT mit der Absicht gegründet, eine europäische Antwort auf das US-amerikanische MIT (Massachusetts Institute of Technology), zu schaffen.[308] Alle drei Ziele verbindet, dass ihre Realisierung wohl bereits zum Zeitpunkt ihrer Formulierung weit jenseits des Machbaren lag.[309] Die aktuelle Diskussion um das European Innovation Council (EIC) weist hierzu Parallelen auf. Die im Zusammenhang mit der Einrichtung des EIC formulierten Erwartungen sind derart ambitioniert und vielfältig, dass sie kaum zu erfüllen sind.

Die Expertenkommission ist besorgt, dass das wiederholte deutliche Zurückbleiben hinter selbst gesetzten Zielen die Glaubwürdigkeit der europäischen F&I-Politik mittelfristig untergräbt.

Strukturen der europäischen F&I-Politik

Die Strukturen der europäischen F&I-Politik sind sehr komplex, die Zuständigkeiten fragmentiert.

– Die Expertenkommission sieht in der Konsolidierung und Vereinfachung der europäischen F&I-Strukturen eine zentrale Aufgabe nationaler und europäischer Politik. Diese Aufgabe muss Vorrang vor der Einrichtung neuer Institutionen und der Entwicklung zusätzlicher Förderinstrumente haben.

Die europäische F&I-Politik sollte am Ziel festhalten, exzellente Forschung zu fördern. Die Überwindung der sogenannten Innovationskluft zwischen den Mitgliedsstaaten muss als gleichberechtigtes Ziel effektiver als bisher verfolgt werden.

– Horizont 2020 ist primär auf die Förderung von exzellenter Forschung ausgerichtet. Diese Orientierung muss bei der Gestaltung des 9. Forschungsrahmenprogramms beibehalten werden und sollte nicht durch Aufnahme zusätzlicher Elemente verwässert werden.
– Gleichzeitig muss eine Governance-Struktur geschaffen werden, die sicherstellt, dass die in den ESI-Fonds vorgesehenen Mittel zur Förderung von Forschung und Innovation von den nationalen Regierungen zielgerechter und effektiver als bisher eingesetzt werden. So sollte beispielsweise bei der operativen Planung der jeweiligen nationalen Förderung ein EU-Gremium mit einbezogen werden.

European Innovation Council (EIC)

Die Expertenkommission sieht die Einrichtung eines EIC auf Basis des aktuellen Pilotprojektes kritisch, da dessen Einbindung in das institutionelle Gefüge der europäischen F&I-Politik unklar sowie die inhaltliche Ausrichtung unzureichend begründet ist.[310]

– Die Einrichtung eines EIC sollte davon abhängig gemacht werden, dass ein konkreter Förderbedarf nachgewiesen wird, der am besten durch die EU abgedeckt werden kann. Für diesen Fall sind die Aufgaben und Strukturen eines EIC zeitnah und präzise zu definieren.
– Die Expertenkommission ist skeptisch, ob die Schaffung einer neuen EU-Institution der beste Weg ist, um radikale Innovationen effektiv zu fördern. Die dafür notwendigen kurzen Entscheidungswege und flexiblen Strukturen sind innerhalb der auf Interessenausgleich und Länderproporz ausgerichteten EU-Strukturen nur schwer zu realisieren. Die Expertenkommission empfiehlt daher den Aufbau einer Institution zur Förderung radikaler Innovationen außerhalb der EU-Strukturen. Mit dem Konzept zur Einrichtung einer Agentur für radikale Innovationen in Deutschland sowie der französischen Joint European Disruptive Initiative (JEDI) liegen hierzu zwei inhaltlich unterschiedlich strukturierte Vorschläge vor.

Brexit

– Die Expertenkommission rät aufgrund der Bedeutung Großbritanniens als eines der leistungsfähigsten F&I-Systeme Europas dringend zu einer möglichst engen Anbindung des Landes an die europäischen Strukturen. Idealerweise würde sich die Einbindung am norwegischen Modell orientieren, also ein sanfter Brexit mit möglichst wenigen Änderungen des Status quo. In diesem Fall wären die Fortführung bewährter Kooperationen im Rahmenprogramm, die Mobilität von Forscherinnen und Forschern zwischen britischen und kontinentaleuropäischen Einrichtungen sowie der ungehinderte Wissensaustausch weiterhin möglich.

B 3 Autonome Systeme

Autonome Systeme sind in der Lage, basierend auf Algorithmen und Methoden der künstlichen Intelligenz selbstständig komplexe Aufgaben zu lösen. Sie lernen auf der Grundlage von Daten und können auch in unbekannten Situationen weitgehend ohne Eingriff des Menschen agieren.

Autonome Systeme werden für viele Anwendungsfelder* entwickelt – Künstliche Intelligenz bildet dafür als Querschnittstechnologie eine Grundlage.



Gesundheit

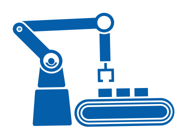
Autonome Fahrzeuge



Autonomes Fahren verspricht eine massive Reduzierung der Unfallzahlen durch die Vermeidung menschlichen Fehlverhaltens und bietet die Chance, neue Mobilitätskonzepte zu entwickeln.

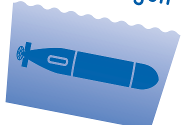
Landwirtschaft

Industrielle Produktion



Autonome Systeme ermöglichen eine Beschleunigung und eine Flexibilisierung der Produktion. Zudem reduzieren autonome Systeme Ausfallzeiten durch vorausschauende Wartung.

Menschenfeindliche Umgebungen



In der Unterwasserwelt, nach Erdbeben oder nach Unfällen in oder beim Rückbau von Kernkraftanlagen ermöglichen autonome Systeme die Durchführung von Arbeitsschritten, ohne Menschen zu gefährden.

Smart Home



Eine intelligente Gebäudetechnik kann Energie sparen, den Wohnkomfort des Menschen erhöhen und den Stromverbrauch an der zeitlichen Kostenstruktur des Stromangebots ausrichten.

Künstliche Intelligenz

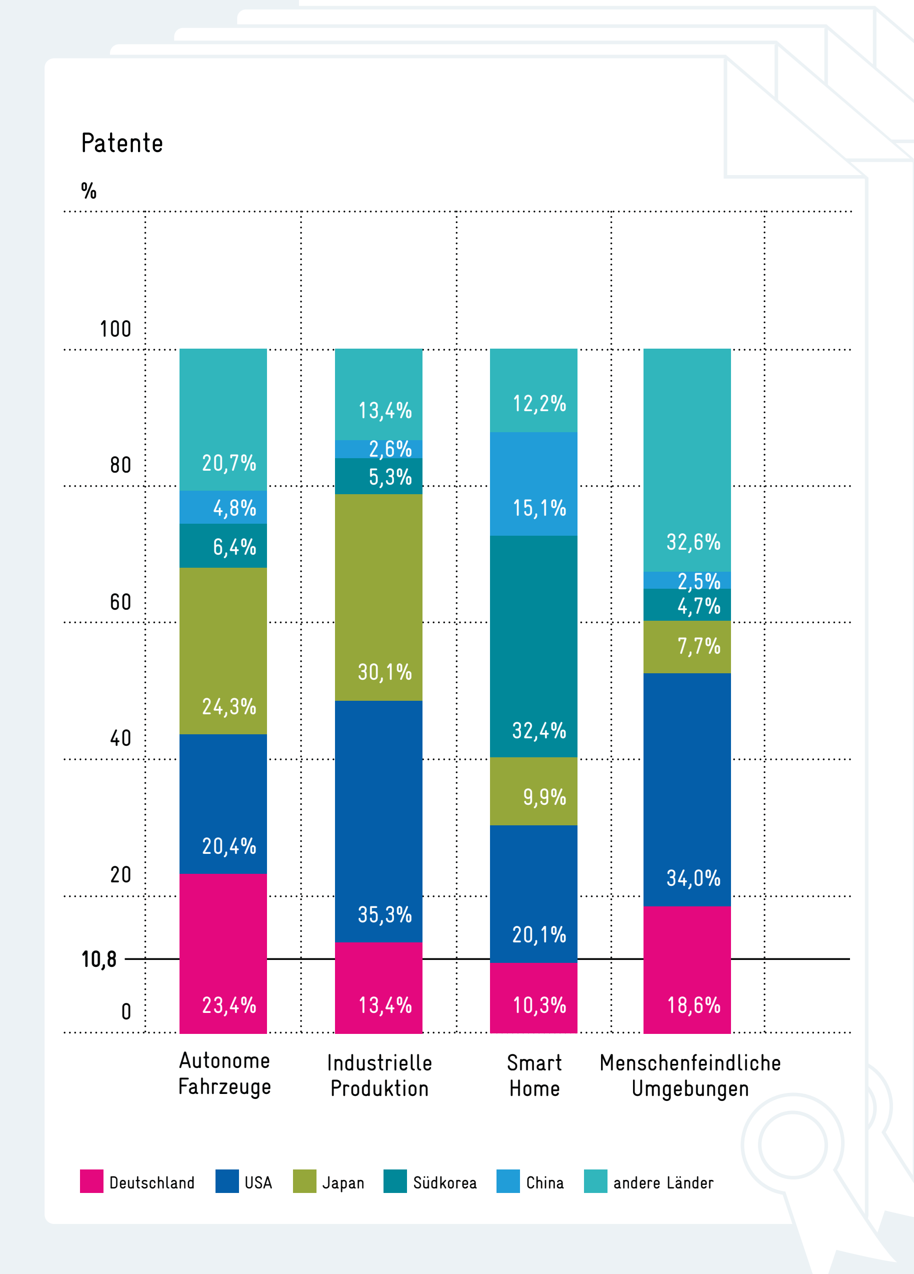


Künstliche Intelligenz (KI) ist ein Forschungsgebiet der Informatik, das sich mit Systemen beschäftigt, die auch in unbekannten Umgebungen komplexe Probleme lösen können. Die KI ist eine Querschnittstechnologie, die für autonome Systeme von großer Bedeutung ist.

Quelle: * Dumitrescu et al. (2018).

Anteil der transnationalen Patente Deutschlands im internationalen Vergleich für die vier betrachteten Anwendungsfelder autonomer Systeme 2002–2016

Im Vergleich zum Anteil der transnationalen Patentanmeldungen deutscher Erfinder (horizontale Linie) in allen Sektoren, zeigt sich eine Spezialisierung Deutschlands insbesondere auf die Anwendungsbereiche autonome Fahrzeuge und menschenfeindliche Umgebungen. Hier liegt Deutschland etwa gleichauf mit dem USA und Japan an der Weltspitze (autonome Fahrzeuge) bzw. an Position zwei hinter den USA (menschenfeindliche Umgebungen).



Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Pötzl und Natterer (2018) und Youtie et al. (2018). Vgl. auch Tabelle C 6-2.

B 3 Autonome Systeme

B 3-1 Autonome Systeme: Eine Zukunftstechnologie

Autonome Systeme können ohne direkte menschliche Weisung agieren, komplexe Aufgaben lösen, Entscheidungen treffen, eigenständig lernen und auf unvorhergesehene Ereignisse reagieren. Das wirtschaftliche und gesellschaftliche Nutzenpotenzial autonomer Systeme ist erheblich. Ihr Einsatz kann dazu beitragen, die Sicherheit im Straßenverkehr zu erhöhen, Menschen in Arbeitsprozessen zu unterstützen und individuellen Komfort oder gesellschaftliche Teilhabe zu verbessern. So können autonome Systeme etwa bei der Atommüllentsorgung oder der Räumung verminter Gebiete eingesetzt werden.[311] Durch die Integration von Verfahren der künstlichen Intelligenz (KI) ergeben sich vielfältige Wertschöpfungspotenziale, insbesondere auch jenseits der industriellen Fertigung.[312]

Ein gängiges Beispiel aus dem Bereich autonomer Systeme ist das autonome Fahren. Menschliche Fehler im Straßenverkehr sind die Ursache für nahezu 90 Prozent der Verkehrsunfälle mit Personenschäden.[313] Seriöse Schätzungen gehen davon aus, dass sich mit dem Einsatz autonomer Systeme eine massive Reduktion der Personen- und Sachschäden erreichen lässt.[314] Autonomes Fahren ist das Ergebnis eines Zusammenspiels verschiedener technischer Komponenten, die die Umgebung eines Fahrzeugs erfassen und aus diesen Informationen in Echtzeit problemadäquate Fahrentscheidungen ableiten. Mit steigendem Automatisierungsgrad werden Fahrentscheidungen zunehmend vom Menschen auf das System übertragen. Bei vollständig autonomen Fahrzeugen übernimmt der Mensch lediglich die Rolle eines Fahrgastes, der frei über seine Zeit im Auto verfügen kann. Hieraus ergeben sich u. a. auch neue Möglichkeiten der Mobilität für Menschen, die aufgrund von Beeinträchtigungen nicht selbst Auto fahren können.

Der Einsatz autonomer Systeme steht derzeit in vielen Bereichen noch am Anfang. Für einen Durchbruch sind auf technologischer Ebene vor allem noch weitere Fortschritte bei der KI erforderlich (vgl. Box B 3-1). Wichtig ist außerdem die Gestaltung der Rahmenbedingungen für den Einsatz autonomer Systeme.

Deutschland befindet sich in einer guten Ausgangssituation, um Wertschöpfungs- und Nutzenpotenziale autonomer Systeme zu realisieren. In der Grundlagenforschung zu KI verfügt Deutschland über ein solides Fundament und weist etliche Stärken auf. Zudem gibt es eine international konkurrenzfähige Grundlage für die Entwicklung autonomer Fahrzeuge in Deutschland. In anderen Anwendungsgebieten hinkt Deutschland allerdings bei der Entwicklung autonomer Systeme den Marktführern hinterher. Außerdem zeichnet sich ab, dass andere Länder, allen voran die USA und China, aber auch Großbritannien und Frankreich, das Thema KI mit einer hohen forschungs- und industriepolitischen Priorität verfolgen. Daher muss die deutsche Politik, neben der Gestaltung rechtlicher Rahmenbedingungen, verstärkt auch die Förderung der Forschung auf dem Gebiet autonomer Systeme sowie die KI-Forschung vorantreiben.

B 3-2 Definition, Bestandteile und technologischer Entwicklungsstand

Autonome Systeme sind in der Lage, basierend auf Algorithmen und Methoden der künstlichen Intelligenz selbstständig komplexe Aufgaben zu lösen. Sie lernen auf der Grundlage von Daten und können auch in unbekannten Situationen weitgehend ohne Eingriff des Menschen agieren. Die Abgrenzung von autonomen zu automatisierten Systemen erfolgt oft anhand verschiedener Automatisierungsgrade.

Box B 3-1

Künstliche Intelligenz

Der Begriff der KI wurde 1956 geprägt,[315] auch wenn die Idee von Maschinen, die Aspekte menschlicher Intelligenz nachahmen, deutlich weiter zurückreicht. Bereits 1950 beschrieb Alan Turing die Möglichkeit einer von Computern simulierten Intelligenz und dafür notwendige Bestandteile, wie etwa das Lernen.[316] Damit entstand ein Forschungsgebiet, das sich mit künstlichen Systemen beschäftigt, die komplexe Probleme rational lösen und auch in unbekannten Umgebungen ihre Ziele erreichen können.[317]

In den folgenden Jahren fand KI Anwendung in einer Vielzahl von Betätigungsfeldern. So wurden heuristische Suchverfahren entwickelt, maschinelles Sehen (computer vision) und Computerlinguistik (natural language processing) vorangetrieben und im Bereich des maschinellen Lernens (machine learning) erste Fortschritte erzielt.[318]

Aufgrund von Schwierigkeiten in der praktischen Umsetzung von KI kam es im Laufe der späten 1970er und frühen 1980er Jahre jedoch zu einem Rückgang des Forschungsinteresses.[319] Der Einsatz sogenannter Expertensysteme brachte im folgenden Jahrzehnt zwar erste erfolgreiche Anwendungen von KI, diese hatten jedoch den Nachteil, dass sie sich in unerwarteten Szenarien oft nur unzureichend zurechtfanden und in ihrer Erstellung kostenintensiv waren.[320]

Mit der Verfügbarkeit höherer Rechenleistung und der Fokussierung auf spezielle, realitätsnahe Aufgaben (z. B. Bilderkennung) gelang es der KI-Forschung, sich seit Mitte der 1990er Jahre erfolgreich zu etablieren.[321] Die Verfügbarkeit großer Datenmengen unterstützte die Entwicklung der KI und insbesondere des maschinellen Lernens in den letzten 20 Jahren.[322] In jüngerer Vergangenheit spielt das sogenannte deep learning mittels neuronaler Netze eine entscheidende Rolle. Ermöglicht und beschleunigt wird diese Entwicklung durch die Verwendung von Grafikprozessoren. Im Bereich der Bilderkennung hat sich dieser Fortschritt insbesondere bei der ImageNet Competition 2012 gezeigt.[323]

Ergebnisse der KI-Forschung sind bereits heute Teil kommerzieller Dienstleistungen, medizinischer Diagnosen oder wissenschaftlicher Forschung. Im Gegensatz dazu scheint die „Allgemeine KI“, die Systeme beschreibt, die vergleichbar mit einem Menschen eine ganze Bandbreite kognitiver Aufgaben mit scheinbar intelligentem Verhalten erfüllen können, in absehbarer Zeit noch nicht realisierbar.[324]

Am Beispiel des automatisierten Fahrens lassen sich Automatisierung und Autonomie in sechs Stufen gliedern und wie in Abbildung B 3-2 beschreiben.[325] Ausgangspunkt ist Stufe 0, in der alle Vorgänge vom Menschen gesteuert werden. Mit zunehmendem Automatisierungsgrad zwischen Stufe 1 und Stufe 4 werden immer mehr Funktionen vom Fahrenden auf das System übertragen. Von autonomem Fahren wird bei Systemen der Stufe 5 gesprochen. In einem solchen Fahrzeug gibt es keine Fahrzeugführung durch Menschen. Alle Fahrfunktionen werden vom Fahrzeug übernommen. Diese Klassifizierung lässt sich auf andere Anwendungsfelder autonomer Systeme übertragen.

Der Einsatz autonomer Systeme ist in vielen Anwendungsfeldern möglich. Neben dem autonomen Fahren zählen hierzu menschenfeindliche Umgebungen, Smart Home, industrielle Produktion, Landwirtschaft, Energie und Gesundheit. Die Expertenkommission konzentriert sich im Folgenden auf die Anwendungsfelder menschenfeindliche Umgebungen, Smart Home, industrielle Produktion und autonome Fahrzeuge.[326]

Hohe Komplexität autonomer Systeme

Um ohne menschlichen Eingriff agieren zu können, müssen autonome Systeme in der Lage sein, eine Vielzahl von Aufgaben zuverlässig und selbstständig zu lösen. Sie müssen Informationen aufnehmen, verarbeiten, Entscheidungen fällen und ausführen sowie mit anderen autonomen Systemen oder Menschen kommunizieren. Dabei besteht eine besondere Herausforderung darin, all dies auch in unbekannten Situationen bzw. in nicht oder nur wenig strukturierten Umgebungen zu leisten. Darüber hinaus müssen

auch Systeme mit unterschiedlichen Automatisierungsgraden sowohl neben- als auch miteinander funktionieren (Mischbetrieb).

Abbildung B 3-3 gibt einen Überblick über die Bestandteile autonomer Systeme. Diese Bestandteile lassen sich in Umgebungstechnologien und Kerntechnologien unterscheiden.

Die Umgebungstechnologien Sensorik, Aktorik und Mensch-Maschine- bzw. Maschine-Maschine-Kommunikation sind für die Umgebungserkennung, die Kommunikation und die Ausführung von Handlungsanweisungen erforderlich.[327] Ihre konkrete Ausgestaltung hängt dabei wesentlich vom jeweiligen Einsatzgebiet des autonomen Systems ab. Im Bereich des automatisierten Fahrens können beispielsweise Kameras, Radar und lasergestützte Sensoren (Lidar) zum Einsatz kommen.[328]

Die Kerntechnologien autonomer Systeme umfassen Wahrnehmung, Lernen, Handeln und Selbstregulation. Ausgehend von der Umgebungserfassung mittels Sensorik nutzt ein autonomes System Technologien des Wahrnehmens, um die Umgebungsdaten zu verarbeiten. So kann die Wahrnehmung der Umgebung auf Grundlage von Echtzeitbildern einer Kamera erfolgen, die genutzt werden, um einem Objekt vor

Abb B 3-2

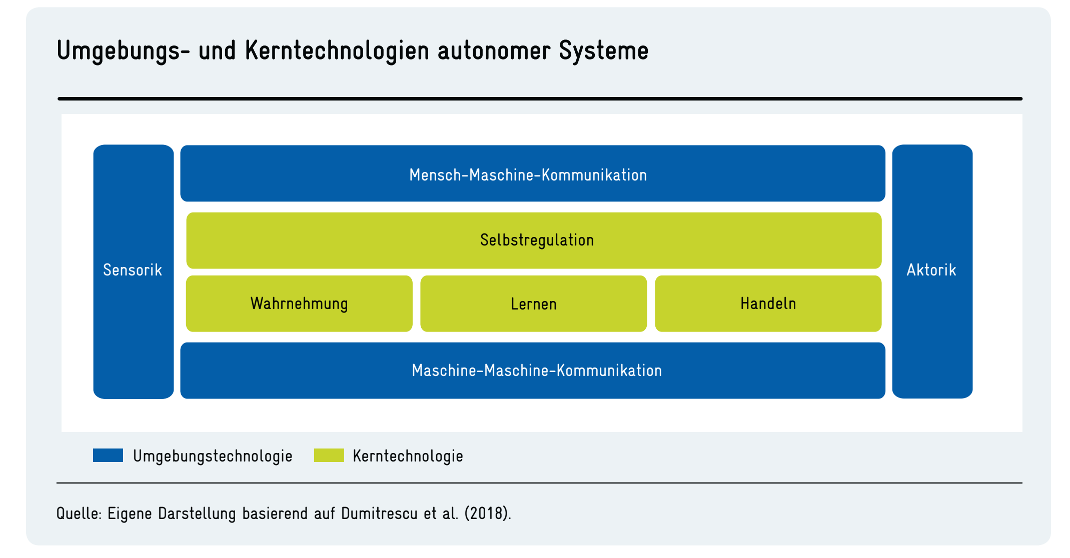
Automatisierungsgrade des Fahrens

Stufe 0 Keine Automatisierung	Stufe 1 Assistiert	Stufe 2 Teilautomatisiert	Stufe 3 Automatisiert	Stufe 4 Hochautomatisiert/teilautonom	Stufe 5 Autonom
Der Mensch übernimmt dauerhaft Bremsen, Beschleunigen **und** Lenken.	Der Mensch übernimmt dauerhaft Bremsen und Beschleunigen **oder** Lenken.	Der Mensch **muss** das System **dauerhaft** überwachen.	Der Mensch **muss** das System **nicht** mehr **dauerhaft** überwachen, aber potenziell in der Lage sein, zu übernehmen.	Kein fahrender Mensch erforderlich im spezifischen Anwendungsfall (z. B. Autobahnfahrt).	**Von Start bis Ziel** ist kein fahrender Mensch erforderlich.

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Dumitrescu et al. (2018) und VDA (2015).

Abb B 3-3

Umgebungs- und Kerntechnologien autonomer Systeme



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Dumitrescu et al. (2018).

einem Fahrzeug eine Bezeichnung wie „Stoppschild“ zuzuweisen. Als Folge wird das autonome Fahrzeug auf Basis der Technologien des Lernens den Handlungsplan „am Stoppschild zum Stehen kommen“ entwerfen. Um diesen Handlungsplan umzusetzen, spezifizieren die Technologien des Handelns konkrete Handlungsanweisungen. Die Aktorik des Fahrzeugs wandelt die Anweisungen dann in Lenkbewegungen und Bremsvorgänge um. Damit diese Funktionen auch in neuen Umgebungen zuverlässig funktionieren, sorgt die Kerntechnologie der Selbstregulation dafür, dass sich die Fahrzeugsysteme kontinuierlich optimieren.[329]

Methoden der KI spielen als Querschnittsverfahren für autonome Systeme eine große Rolle, da sie einen zuverlässigen Einsatz auch in wenig strukturierten Umgebungen ermöglichen. Daher ist der Einsatz autonomer Systeme stark von den Fortschritten auf dem Gebiet der KI abhängig. Der Einsatz von KI ist dabei nicht auf autonome Systeme beschränkt, sondern kann bereits in hochautomatisierten Systemen sinnvoll sein.[330]

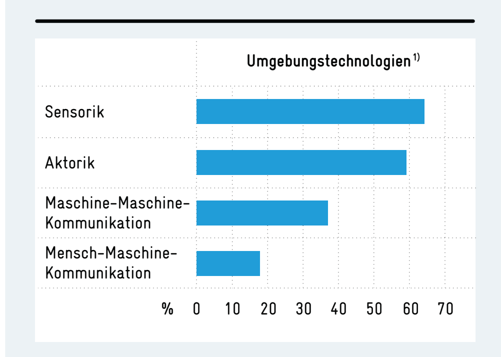
Weiterhin Entwicklungsbedarf bei autonomen Systemen

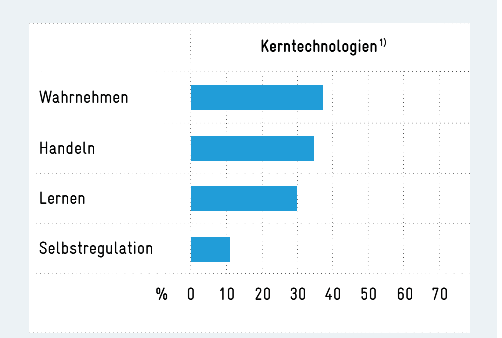
Zur Bewertung des internationalen technologischen Entwicklungsstands autonomer Systeme wurde im Auftrag der EFI eine Expertenbefragung durchgeführt.[331] Dabei wurde der internationale technologische Entwicklungsstand autonomer Systeme von 37 nationalen und 32 internationalen Expertinnen und Experten bewertet und sowohl nach den vier für die Studie ausgewählten Anwendungsfeldern (menschenfeindliche Umgebungen, Smart Home, industrielle Produktion und autonome Fahrzeuge) als auch nach den Bestandteilen autonomer Systeme (Umgebungs- und Kerntechnologien) unterschieden.

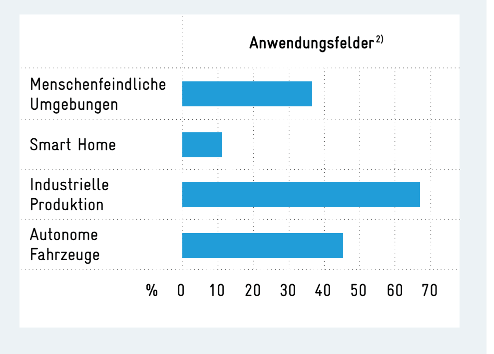
Der internationale Entwicklungsstand der verschiedenen Umgebungs- und Kerntechnologien autonomer Systeme wird von den befragten Expertinnen und Experten auf Basis einer sechsstufigen Skala von „nicht entwickelt“ bis „sehr hoch entwickelt“ eingeschätzt. Auf dieser Grundlage wird der Anteil der Befragten, die einer Technologie eine der zwei höchsten Stufen der Skala zuweisen, als Indikator für einen weit entwickelten Entwicklungsstand genutzt (vgl. Abbildung B 3-4).[332] Die Befragten sehen große Unterschiede im Entwicklungsstand der verschiedenen

Abb B 3-4

Entwicklungsstand autonomer Systeme nach Bestandteilen und Anwendungsfeldern

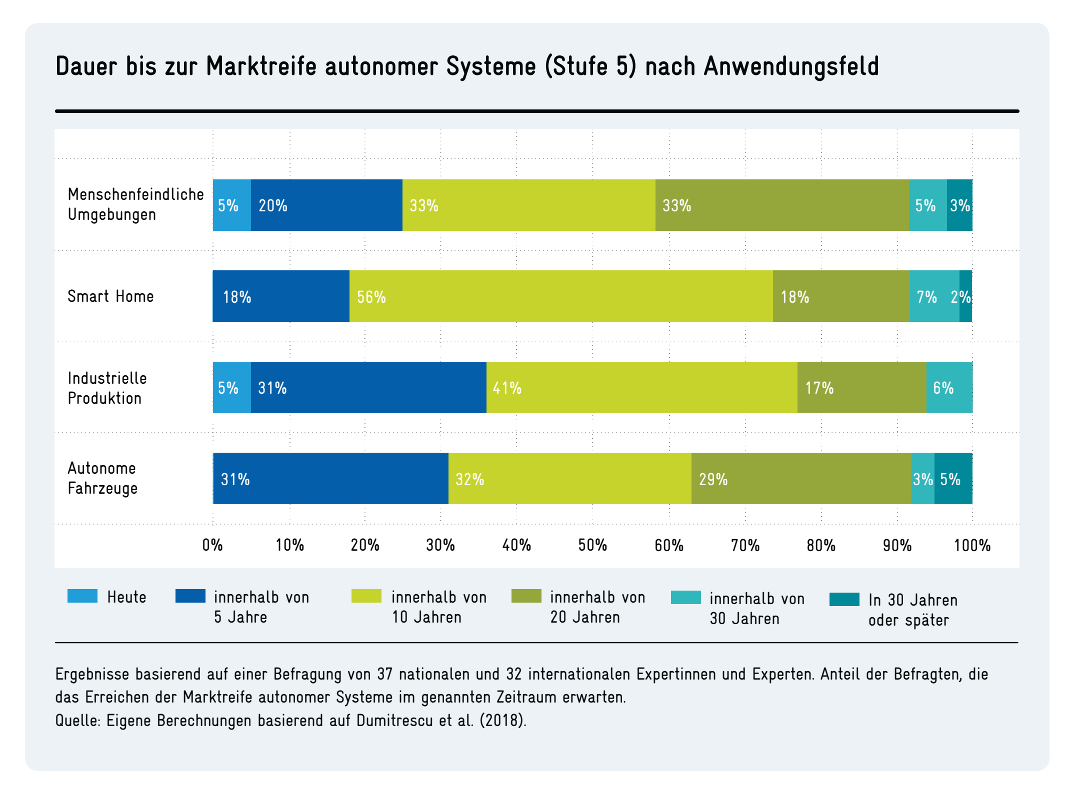






Ergebnisse einer Befragung von 37 nationalen und 32 internationalen Expertinnen und Experten.
1) Anteil der Befragten, der den Umgebungs- und Kerntechnologien auf einer sechsstufigen Skala zwischen „nicht entwickelt“ und „sehr hoch entwickelt“ eine der zwei höchsten Stufen zuweist.
2) Anteil der Befragten, der in den Anwendungsfeldern aktuell Stufe 4 oder 5 erreicht sieht (vgl. Abbildung B 3-2).
Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Dumitrescu et al. (2018).

Abb B 3-5



Ergebnisse basierend auf einer Befragung von 37 nationalen und 32 internationalen Expertinnen und Experten. Anteil der Befragten, die das Erreichen der Marktreife autonomer Systeme im genannten Zeitraum erwarten.
Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Dumitrescu et al. (2018).

Umgebungs- und Kerntechnologien. Sensorik und Aktorik werden von fast zwei Dritteln der Expertinnen und Experten als weit entwickelt eingeschätzt. Der relativ niedrige Entwicklungsstand aller anderen Bereiche lässt auf erheblichen Forschungsbedarf in diesen Bereichen schließen.

Auch in den Anwendungsfeldern autonomer Systeme zeigen sich Entwicklungsunterschiede. Nur im Bereich industrielle Produktion sieht die Mehrheit der Befragten einen Entwicklungsstand von Stufe 4 oder Stufe 5 erreicht (vgl. Abbildung B 3-2). Die Mehrheit der Befragten geht davon aus, dass Systeme der Stufe 5 innerhalb der nächsten zehn Jahre marktreif sein werden (vgl. Abbildung B 3-5).

B 3-3 Potenziale und Herausforderungen

Der Einsatz autonomer Systeme verspricht vielfältigen Nutzen, wie in Box B 3-6 exemplarisch für die vier betrachteten Anwendungsbereiche menschenfeindliche Umgebungen, Smart Home, industrielle Produktion und autonome Fahrzeuge dargestellt wird.[333] Er stellt Bürgerinnen und Bürger, Unternehmen und die Politik aber auch vor große Herausforderungen. Diese müssen zügig gemeistert werden, um die Nutzenpotenziale erschließen zu können.

Bewältigung komplexer Herausforderungen notwendig

Die zunehmende Digitalisierung von Prozessen bei autonomen Fahrzeugen, Smart Home oder industrieller Produktion erzeugt immer größere Datenmengen. Viele Anwendungen von KI und autonomen Systemen müssen in Echtzeit auf unterschiedlichste Daten zugreifen können.

Die Qualität automatisierter Lernprozesse – und damit verbundene Potenziale für innovative Geschäftsmodelle sowie für mehr und bessere KI-Anwendungen – hängt wesentlich vom Zugang zu und der Qualität der zur Verfügung stehenden Testdaten ab. Daher können Daten im Sinne der Wettbewerbsökonomik als wesentliche Einrichtung (essential facilities)[334] verstanden werden, deren Kontrolle ggf. Marktmacht verleiht und damit regulierungsbedürftig ist.[335] Zudem erscheint eine staatliche Förderung der

Bereitstellung von Daten sinnvoll, da Testdaten die Eigenschaften öffentlicher Güter haben und bei rein privater Datenbewirtschaftung eine Unterversorgung aus gesellschaftlicher Sicht droht.[336]

Weiterer Regulierungsbedarf resultiert aus der Art der erzeugten Daten. Sie können in personenbezogene Daten und solche, die bei der Kommunikation zwischen Dingen/Objekten (Internet of Things, IoT) entstehen, unterschieden werden. Dabei unterscheiden sich die Anforderungen an Datenschutz und Datensicherheit. Auch hier sieht die Expertenkommission große Herausforderungen für die Politik.

Während bei industriellen Anwendungen Aspekte des Datenschutzes und der Privatheit eine eher nachgelagerte Rolle spielen und diese in Verbindung mit der Gestaltung von Arbeitsprozessen geklärt werden müssen, spielt Datenschutz bei personenbezogenen Anwendungen autonomer Systeme eine zentrale Rolle. Bei industriellen Anwendungen ebenso wie beim IoT hingegen kommt der Datensicherheit eine besondere Bedeutung zu.

Offen ist auch, wie und in welchem Umfang autonome Systeme und KI im laufenden Betrieb geprüft werden sollen bzw. ob sie schon vor Einführung einen Zulassungsprozess durchlaufen sollen.[337] Hier ist mit der Einrichtung der Ethik-Kommission „Automatisiertes und Vernetztes Fahren" durch die Bundesregierung ein wichtiger Schritt hin zu einer öffentlichen Diskussion und Klärung eingeleitet worden.[338] Die Debatte um ethische Aspekte und Datenschutzfragen wird in Deutschland vergleichsweise intensiv geführt.[339] Allerdings sind längst nicht alle relevanten Dimensionen autonomer Systeme erfasst.

Um den Nutzen autonomer Systeme zu erschließen, wird es darüber hinaus zentral sein, im Zuge des gesellschaftlichen Diskurses ein kritisches Maß an gesellschaftlicher Akzeptanz gegenüber solchen Systemen zu erreichen. Nach Einschätzung der Expertenkommission verbinden viele Menschen positive Assoziationen mit dem Anwendungsfeld des autonomen Fahrens. Eine Social-Media-Analyse der Expertenkommission zeichnet hier ein differenziertes Bild.[340] Zwar wird in einigen Fällen Skepsis geäußert, positive Assoziationen mit autonomem Fahren überwiegen aber bei Weitem. In deutschsprachigen Onlinebeiträgen wird dreimal häufiger positiv als negativ über autonomes Fahren geschrieben. Im Vergleich dazu wird autonomes Fahren in englischsprachigen Beiträgen nur etwa doppelt so oft positiv wie negativ kommentiert. Darüber hinaus zeigt sich, dass der gesellschaftliche Diskurs thematisch breit geführt wird und die Auswirkungen des autonomen Fahrens in diversen Foren, Blogs und Medien intensiv diskutiert werden.[341]

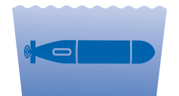
In den Diskussionen zu den Effekten von KI-Systemen und autonomen Systemen wird verstärkt die Frage nach den Auswirkungen auf die Arbeitswelt gestellt. Eine ständige Wegbegleiterin des technologischen Fortschritts seit der Industrialisierung ist die kontinuierliche Anpassung von Tätigkeitsprofilen in vielen Berufen. So wird auch die Diffusion autonomer Systeme mit einer veränderten Nachfrage nach existierenden Berufsbildern einhergehen bzw. berufliche Anforderungsprofile verändern. Gleichzeitig ist zu erwarten, dass der Einsatz autonomer Systeme die Möglichkeit schafft, menschliche Arbeit sinnvoll zu ergänzen und damit verstärkt repetitive Aufgaben auf technische Systeme zu übertragen. Damit verbunden steigt i.d.R. auch die Entlohnung der Arbeitskraft. Die Expertenkommission hält im Kontext der Diffusion autonomer Systeme Schreckensszenarien für den Arbeitsmarkt für wissenschaftlich nicht begründbar.[342] Voraussetzung für das Erschließen umfassender Nutzenpotenziale autonomer Systeme sind jedoch vor allem weitreichende Maßnahmen im Bildungsbereich (vgl. Kapitel A 2).

KI erfordert neben einer stabilen und leistungsfähigen Internetversorgung auch weitere komplementäre Infrastrukturen. Hierzu zählen Plattformen, auf denen Daten und Algorithmen gespeichert, geteilt und neu kombiniert werden können, sowie leistungsfähige Computer-Hardware. Neben den materiellen Input-Faktoren (Computer, Server, Gebäude, hochleistungsfähiges Internet) kommt den komplementären immateriellen Input-Faktoren (Entwicklung von Datensets, firmenspezifisches Humankapital, Implementierung neuer Geschäftsprozesse, Plattformen) eine wesentliche Rolle zu. Die Reorganisation von Geschäftsprozessen erfordert neben rein technischen Anpassungen auch die Weiterbildung der Belegschaften.

Aufgrund der absehbar großen Bedeutung von autonomen Systemen und der Komplexität der zu bewältigenden Aufgaben plädiert die Expertenkommission für die Einsetzung einer Enquete-Kommission des Bundestages, die sich intensiv mit Fragen zu Ethik, Datenschutz, Datensicherheit, militärischer Nutzung und Wettbewerb auseinandersetzt.

Box B 3-6

Nutzenpotenziale in Wirtschaft und Gesellschaft



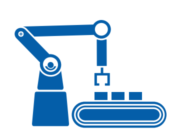
Menschenfeindliche Umgebungen

In menschenfeindlichen Umgebungen wie dem Weltall, der Unterwasserwelt[343], nach Erdbeben oder Unfällen in oder beim Rückbau von Kernkraftanlagen ermöglichen autonome Systeme die Durchführung von Arbeitsschritten, ohne Menschen zu gefährden. Die Autonomie eines Systems hat dabei zum einen den Vorteil, dass es keine dauerhafte Kommunikationsverbindung zu einem Menschen benötigt, und zum anderen, dass es Teile eines Einsatzes selbst planen kann. So ist ein autonomer Roboter in der Lage, selbst einen Weg durch ein havariertes Atomkraftwerk oder durch einsturzgefährdete Gebäude zu finden. Darüber hinaus ermöglicht der Einsatz von Robotern vor Ort Bergungs- oder Räumungsarbeiten, die einem Menschen nicht möglich sind.[344]



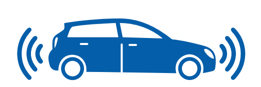
Smart Home

In Gebäuden können autonome Systeme durch eine intelligente Heizungs- und Klimatisierungssteuerung dafür sorgen, dass Energie gespart und der Wohnkomfort des Menschen erhöht wird. Zusätzlich ermöglicht ein intelligentes Energiemanagement, den Betrieb von Haushaltsgeräten wie einer Waschmaschine über eine intelligente Verbrauchsmessung (smart metering) an der zeitlichen Kostenstruktur des Stromangebots auszurichten und damit auch auf die fluktuierende Stromerzeugung aus Wind- oder Solarenergie zu reagieren. Daneben können autonome Systeme im Gebäudebereich zum Einsatz kommen, um Sicherungsfunktionen zu übernehmen und fest installierte Überwachungsanlagen mit mobilen Einheiten wie z.B. Drohnen zu koordinieren.[345] Dem Zuhause als zentralem Lebensmittelpunkt könnte zukünftig außerdem eine integrierende Funktion für autonome Systeme in verschiedenen Bereichen des Lebens zukommen.[346] Denkbar wäre beispielsweise die Verknüpfung von Funktionen eines Smart Home mit Mobilitätslösungen, bei denen Elektrofahrzeuge als Stromspeicher für den lokal erzeugten Strom dienen oder das Smart Home selbst ein autonomes Fahrzeug anfordert, wenn ein Bewohner oder eine Bewohnerin das Haus verlässt.



Industrielle Produktion

In der industriellen Produktion ermöglichen autonome Systeme sowohl eine Beschleunigung als auch eine Flexibilisierung der Produktion[347] und damit einen höheren Grad an Individualisierung des Endprodukts. Autonome Systeme kommen dabei beispielsweise in Form von fahrerlosen Transportsystemen für die unternehmensinterne Logistik oder im Rahmen von Mensch-Roboter-Kollaborationen zum Einsatz. Letztere erlauben u.a. die Ausweitung von Qualitätskontrollen während der Fertigung und eine Dokumentation der Arbeitsschritte in Echtzeit.[348] Zudem reduzieren autonome Systeme Ausfallzeiten durch vorausschauende Wartung (predictive maintenance). Dafür werden Maschinendaten erfasst und in Echtzeit analysiert, um Auffälligkeiten zu entdecken, zu melden und nötige Maßnahmen einzuleiten, bevor es zum Defekt kommt.



Autonomes Fahren

Im Straßenverkehr werden autonome Systeme u. a. in Form von autonomem Fahren zum Einsatz kommen. Autonomes Fahren verspricht eine massive Reduzierung der Unfallzahlen durch die Vermeidung menschlichen Fehlverhaltens wie z. B. mangelnder Aufmerksamkeit. Außerdem können miteinander vernetzte autonome Fahrzeuge zu einem effizienteren Verkehr mit weniger Staus beitragen, da sie in der Lage sind, vorausschauender und koordinierter zu fahren als der Mensch.[349] Die frei werdende Zeit des Fahrens kann anderweitig genutzt werden. Neben autonomen Fahrzeugen kann auch die Verkehrsinfrastruktur wie z.B. Ampeln, autonom agieren und sich so dynamisch an Verkehrssituationen anpassen. Parallel dazu bieten verschiedene Arten von autonomen Fahrzeugen, wie Busse und Bahnen eines ÖPNV in Kombination mit autonomen Pkws, die Chance, neue Mobilitätskonzepte zu entwickeln. Autonomes Fahren kann darüber hinaus zu Veränderungen in der Logistik führen und durch führerlose oder digital gekoppelte Lkws (das sogenannte Platooning) zu mehr Sicherheit und weniger Kraftstoffverbrauch führen. Zugleich erhoffen sich Akteure in der Logistikbranche, den sich abzeichnenden Arbeitskräftemangel von Lkw-Fahrerinnen und -fahrern[350] zu mildern.[351] Grundvoraussetzung für einen effektiven Betrieb autonomer Systeme im Bereich der autonomen Fahrzeuge ist allerdings der ungehinderte grenzüberschreitende Datenverkehr, der sicherstellt, dass Fahrzeuge über alle Ländergrenzen hinweg mit Software-Updates versorgt werden und umgekehrt inländische Hersteller Daten von im Ausland befindlichen Fahrzeugen abrufen können.[352]

Deutschlands Position im internationalen Vergleich

B 3–4

Der Leistungsstand Deutschlands wird anhand von drei Indikatoren beleuchtet und international verglichen: Publikationsleistungen bei den wichtigsten internationalen KI-Konferenzen, Publikationsleistungen in den Anwendungsfeldern autonomer Systeme sowie Patentanmeldungen in den Anwendungsfeldern.

KI-Grundlagenforschung in Deutschland gut aufgestellt

Um den Leistungsstand der deutschen Wissenschaft in KI beurteilen zu können, wurden von der Expertenkommission Daten zu wissenschaftlichen Forschungsbeiträgen in einschlägigen Konferenzbänden (Proceedings-Beiträge) herangezogen.[353] Die berücksichtigten Konferenzen gelten als weltweit besonders wichtige Foren für die KI-Grundlagenforschung. Diese Daten wurden mit bibliometrischen Informationen kombiniert, um Aussagen zum Standort der Publizierenden und zur Zitationsbilanz der Publikationen zu erhalten.[354] Die Ergebnisse der Auswertung sind in Tabelle B 3-7 für die publikationsstärksten Länder und Regionen dargestellt.

Dabei wird die vergangene Dekade in zwei gleich lange Zeiträume (2007 bis 2011 und 2012 bis 2016) aufgeteilt und diese werden einander gegenübergestellt. Die zeitliche Aufteilung ist dem Sachverhalt geschuldet, dass es seit der ImageNet Competition 2012 (vgl. Box 3-1) bei wichtigen KI-Komponenten wie z.B. neuronalen Netzen in den letzten Jahren größere Fortschritte gab, die zu einer starken Reduktion von KI-Forschungskosten geführt haben. Zugleich nimmt die Zahl der Disziplinen, in denen KI wichtiger Bestandteil der Forschung ist, kontinuierlich zu. Die Publikationstätigkeit hat sich im Zuge dieser Entwicklung beschleunigt. Die Zahl der erfassten Proceedings-Beiträge stieg von 5.524 im Zeitraum 2007 bis 2011 auf 7.429 im Zeitraum 2012 bis 2016, was einem Wachstum von etwa 35 Prozent entspricht.[355]

Knapp die Hälfte der Proceedings-Beiträge wurde an US-amerikanischen Forschungseinrichtungen erstellt. Diese US-amerikanische Dominanz von KI-Proceedings-Beiträgen ist in beiden Zeitfenstern stabil. Neben der Anzahl der Proceedings-Beiträge ist auch deren Qualität von Bedeutung. Als Maß

Tab B 3-7

Beiträge zu wichtigen KI-Konferenzen nach Land bzw. Region der Publizierenden

Land (Region)	Proceedings-Beiträge 2007–2011	Anteil	Proceedings-Beiträge 2012–2016	Anteil	Wachstum	Proceedings-Beiträge 2007–2016	Anteil hochzitierter Proceedings-Beiträge 2007–2015*
USA	2.729	49,4%	3.683	49,6%	35,0%	6.412	11,4%
EU	1.258	22,8%	1.607	21,6%	27,7%	2.865	
davon:							
Deutschland	336	6,1%	348	4,7%	3,6%	684	9,5%
Großbritanien	284	5,1%	430	5,8%	51,4%	714	10,7%
Frankreich	233	4,2%	367	4,9%	57,5%	600	9,1%
andere EU-Ld.	405	7,3%	462	6,2%	14,1%	867	
Kanada	318	5,8%	324	4,4%	1,9%	642	13,9%
China	283	5,1%	356	4,8%	25,8%	639	11,4%
Japan	160	2,9%	199	2,7%	24,4%	359	3,7%
andere Länder	776	14,0%	1.260	17,0%	62,4%	2.036	7,4%
Gesamt	5.524	100,0%	7.429	100,0%	34,5%	12.953	10,0%

Die Zuordnung der Publizierenden zu Ländern der Forschungsinstitutionen, mit denen die Publizierenden affiliiert sind, erfolgt fraktional.
Der Anteil hochzitierter Publikationen ist näherungsweise korrigiert für Verzerrungen aufgrund der Ganzzahligkeit des 90-Prozent-Perzentils.
Die Zuordnung zur Gruppe der vielzitierten Publikationen erfolgte auf Grundlage der publikationsjahrspezifischen Zitationsverteilungen.
* Für die Ermittlung des Anteils vielzitierter Publikationen wurden hier die Publikationen des Jahres 2016 nicht berücksichtigt, da der Zeitraum für eine verlässliche Abgrenzung zu kurz ist.
Quelle: Berechnungen des Max-Planck-Instituts für Innovation und Wettbewerb auf der Grundlage von Daten des Digitalen Bibliographie- und Bibliotheksprojekts (DBLP) und Scopus.

dafür werden die 10 Prozent der Proceedings-Beiträge betrachtet, die am häufigsten zitiert wurden und damit die Gruppe der hochzitierten Proceedings-Beiträge bzw. Spitzenpublikationen bilden. Bei den US-Proceedings-Beiträgen liegt der Anteil dieser Spitzenpublikationen mit 11,4 Prozent leicht über dem Durchschnitt von 10 Prozent.

Der Abstand der Ländergruppe Deutschland, China, Kanada, Großbritannien und Frankreich zu den USA ist immens – diese fünf Länder stellen gemeinsam nur etwa halb so viele Beiträge (51 Prozent) wie die US-Forschenden. EU-Länder kommen zusammengenommen auf einen Anteil von 22,8 Prozent im Zeitraum 2007 bis 2011 und 21,6 Prozent im Zeitraum 2012 bis 2016.

In Deutschland Forschende kommen auf eine ähnliche Zahl von Beiträgen im Gesamtzeitraum 2007 bis 2016 wie die Forschenden in anderen großen EU-Ländern (Großbritannien und Frankreich) oder auch in China.

Allerdings steigerten Forschende aus Großbritannien und Frankreich die Zahl ihrer Proceedings-Beiträge im zweiten Fünfjahresintervall um mehr als 50 Prozent (58 Prozent für Frankreich, 51 Prozent für Großbritannien), während die Zahl deutscher Proceedings-Beiträge fast stagnierte. Chinesische Proceedings-Beiträge stiegen um immerhin ca. 26 Prozent, die von Forschenden in den USA um 35 Prozent. Die Zahl kanadischer Proceedings-Beiträge ist in etwa gleichgeblieben. Kanada weist jedoch einen sehr hohen Anteil vielzitierter Proceedings-Beiträge auf. Auffällig sind der niedrige Anteil von Proceedings-Beiträgen japanischer Forschender und deren vergleichsweise geringe Zitationshäufigkeit.

Wie in anderen führenden Vergleichsländern konzentriert sich die KI-Forschung in Deutschland auf wenige Standorte und Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. 39,7 Prozent der im Zeitraum 2007 bis 2016 betrachteten Proceedings-Beiträge kommen aus den Räumen Tübingen/Stuttgart (23,8 Prozent) und Berlin/Potsdam (15,9 Prozent). Weitere besonders aktive Regionen bzw. Städte sind Bonn/St. Augustin (6,9 Prozent), Saarbrücken (6,8 Prozent) und München/Garching (6,2 Prozent). Diese fünf Standorte generieren somit 59,4 Prozent der erfassten Proceedings-Beiträge.

Rückstand bei Publikationen zu Anwendungsfeldern

Um bei der Entwicklung autonomer Systeme wettbewerbsfähig zu sein, kommt neben der Grundlagenforschung auch der Forschung und Entwicklung (FuE) in den Anwendungsfeldern eine wesentliche Bedeutung zu. Basierend auf einer Studie im Auftrag der Expertenkommission werden im Folgenden Publikationsdaten für die vier Anwendungsfelder menschenfeindliche Umgebungen, Smart Home, industrielle Produktion und autonome Fahrzeuge betrachtet. Der Indikator für die Publikationsleistung Deutschlands im internationalen Vergleich liegt für den Zeitraum 2002 bis Mai 2017 vor.[356]

Global gesehen lässt sich eine deutliche Zunahme der Publikationsaktivitäten in den betrachteten Anwendungsfeldern autonomer Systeme in den letzten fünf Jahren (2012 bis 2016)[357] feststellen. Die stärkste Publikationsaktivität zeigt sich im Anwendungsfeld autonome Fahrzeuge. Seit 2012 ist hier ein beachtlicher Anstieg der Publikationsaktivität mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von fast 19 Prozent zu beobachten.

Neben der Quantität ist auch die Qualität von Publikationen, gemessen an sogenannten Spitzenpublikationen, ein wichtiger Indikator für die Abschätzung der wissenschaftlichen Leistungsfähigkeit eines Landes. Spitzenpublikationen werden oft über die Häufigkeit ihrer Zitationen identifiziert. In Abbildung B 3-8 beziehen sich die ausgewiesenen Spitzenpublikationen auf die hochzitierten 10 Prozent aller Publikationen im jeweiligen Anwendungsfeld.[358]

In Abbildung B 3-8 sind für ausgewählte Länder die Publikationsaktivitäten in den einzelnen Anwendungsfeldern, kumuliert über die letzten 15 Jahre, dargestellt.[359] Abbildung B 3-8 visualisiert den Quantitätsindikator, die Anzahl aller Publikationen, auf der horizontalen Achse. Der Qualitätsindikator, als die Anzahl der Spitzenpublikationen, ist auf der vertikalen Achse abgetragen.[360]

Im Anwendungsfeld autonome Fahrzeuge nehmen die USA die führende Position sowohl bei allen Publikationen als auch bei Spitzenpublikationen ein. Deutschlands Publikationsleistung beträgt gut ein Drittel (ca. 36 Prozent) der Leistung der USA. Damit liegt Deutschland geringfügig vor Japan und Südkorea, jedoch deutlich hinter China. Bei Spitzenpublikationen liegt Deutschland jedoch mit etwa 26 Prozent des Wertes der USA vor China.[361]

Im Anwendungsfeld Smart Home nehmen China, die USA und Südkorea besonders starke Positionen ein. Bei den gesamten Publikationen liegt China vor den USA und Südkorea. Bei Spitzenpublikationen dominieren jedoch erneut die USA. Deutschland liegt bei den gesamten Publikationen bei knapp 36 Prozent der führenden Nation China und bei den Spitzenpublikationen bei ca. 23 Prozent der führenden Nation USA.[362]

Im Anwendungsfeld industrielle Produktion liegt Deutschland bei allen Publikationen gleichauf mit China und den USA. Diese beiden Länder haben jedoch einen Vorsprung bei Spitzenpublikationen. Bemerkenswert ist die starke Position Chinas, wohingegen Deutschland hier lediglich etwa 31 Prozent der Spitzenpublikationen der USA aufweist.[363]

Auch im Anwendungsfeld menschenfeindliche Umgebungen dominieren die USA und in geringerem Maße China. Insbesondere bei Spitzenpublikationen manifestiert sich die dominierende Rolle von US-Forschenden. Die Publikationsleistung Deutschlands relativ zu den USA beträgt hier weniger als 17 Prozent bei allen Publikationen bzw. weniger als 11 Prozent bei den Spitzenpublikationen.[364]

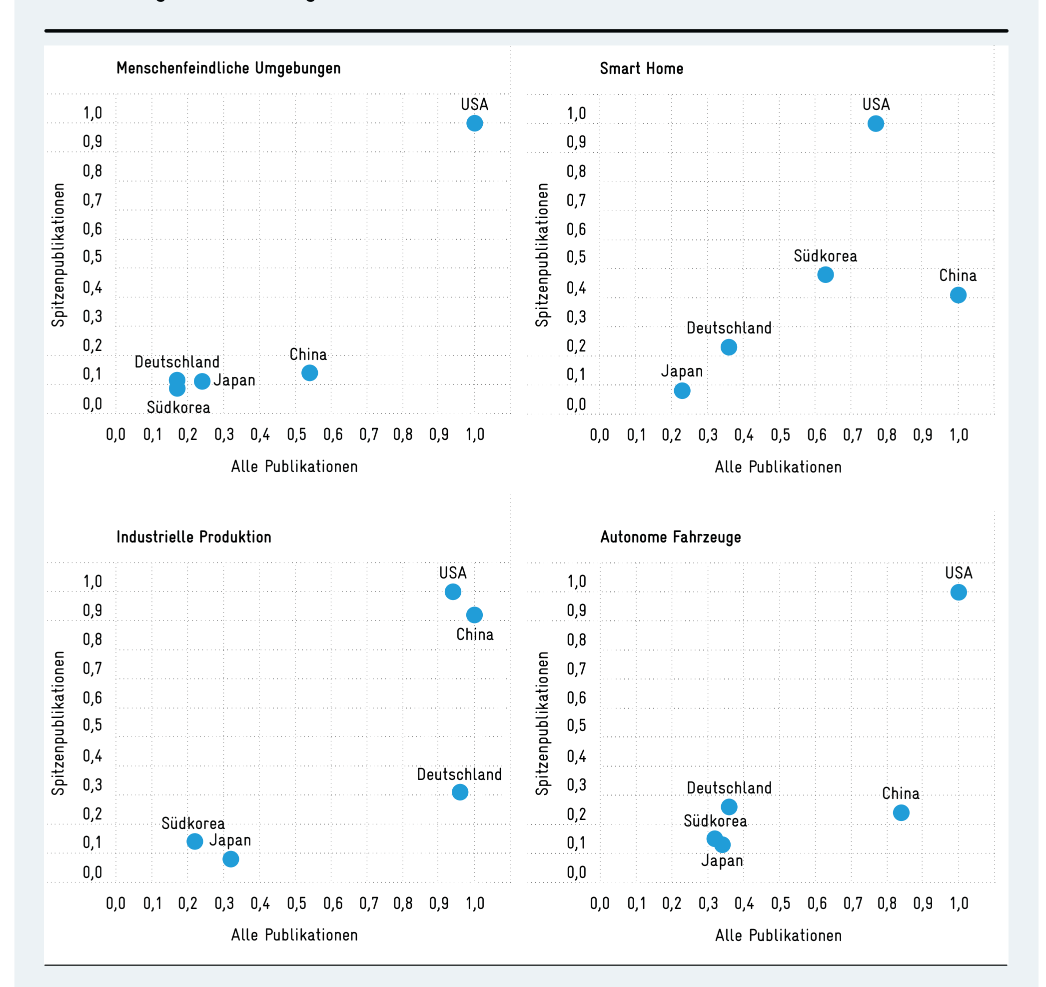
Gute Position bei Patenten zu autonomen Fahrzeugen

Um die Patentierungsaktivitäten in den vier Anwendungsfeldern untersuchen zu können, greift die Expertenkommission auf die Ergebnisse von zwei Studien zurück, die von ihr in Auftrag gegeben wurden.[365] In der folgenden Diskussion bezieht sich die Expertenkommission auf international angelegte Patentierungsaktivitäten, die sich durch transnationale Patentanmeldungen nachweisen lassen.[366] Abbildung B 3-9 zeigt die Verteilung der so ermittelten Patentfamilien nach Erfinderland. Explizit ausgewiesen werden die Ergebnisse für Erfinderinnen und Erfinder aus den Ländern Deutschland, USA, Japan, Südkorea und China.

Patente von Erfinderinnen und Erfindern aus anderen Länder werden summarisch (andere Länder) ausgewiesen. Berücksichtigt werden Patentfamilien mit frühester Anmeldung ab dem Jahr 2002. Die hier für Erfinderinnen und Erfinder aus Deutschland genannten Zahlen lassen sich mit dem Anteil der Patente deutscher Erfinderinnen und Erfinder an transnationalen Patentanmeldungen insgesamt vergleichen. Dieser Anteil betrug im Jahr 2015 10,8 Prozent (vgl. Tabelle C 6-2).

Abb B 3-8

Publikationen und Spitzenpublikationen* in Relation zum führenden Land im jeweiligen Anwendungsfeld für ausgewählte Länder 2002–2017



Publikationen des Jahres 2017 sind bis Mai 2017 erfasst. Die Anzahl aller Publikationen bzw. Spitzenpublikationen ist nachfolgend nach folgendem Muster dargestellt: Anwendungsfeld (Anzahl der Spitzenpublikationen des in diesem Anwendungsfeld führenden Landes, Anzahl aller Publikationen des in diesem Anwendungsfeld führenden Landes). Menschenfeindliche Umgebungen (431, 2733), Smart Home (135, 912), Industrielle Produktion (118, 654), Autonome Fahrzeuge (947, 5648).

* Bei den Spitzenpublikationen handelt es sich um die Top-10-Prozent-Publikationen nach Zitationen. Das heißt, im Anwendungsfeld Smart Home werden Publikationen betrachtet, die mehr als 60-mal zitiert wurden. Im Anwendungsfeld industrielle Produktion sind es Publikationen mit mehr als 10, bei autonomen Fahrzeugen mehr als 12 und bei in menschenfeindlichen Umgebungen mehr als 13 Zitationen.

Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Youtie et al. (2018).

Im Anwendungsfeld des automatisierten Fahrens wurden 6.140 transnationale Patentfamilien identifiziert. Dabei hat sich die Anmeldeaktivität beschleunigt: Circa ein Drittel der identifizierten Patentfamilien wurde seit 2014 eingereicht. Erfinderinnen und Erfinder aus Japan (24,3 Prozent), Deutschland (23,3 Prozent) und den USA (20,4 Prozent) weisen ähnlich hohe Anteile an der Gesamtzahl der Patentfamilien auf. Südkorea (6,4 Prozent) und China (4,8 Prozent) folgen mit einigem Abstand. In der Restgruppe (andere Länder) haben Erfinderinnen und Erfinder aus Frankreich (4,5 Prozent) und Großbritannien (3,0 Prozent) nennenswerte Aktivitäten zu verzeichnen. Diese Ergebnisse deuten insgesamt darauf hin, dass Deutschland als Standort für die FuE im Bereich des automatisierten Fahrens hohe Bedeutung hat und

hiesige Patentanmelderinnen und -anmelder über ein wettbewerbsfähiges Patentportfolio verfügen.[367]

Im Anwendungsfeld industrielle Produktion nehmen Erfinderinnen und Erfinder aus den USA (35,3 Prozent) und Japan (30,1 Prozent) die führenden Positionen ein. In Deutschland tätige Erfinderinnen und Erfinder stellen 13,4 Prozent aller hier betrachteten Patentfamilien. Südkoreanische (5,3 Prozent) und chinesische (2,6 Prozent) Erfinderinnen und Erfinder weisen deutlich geringere Patentierungsaktivitäten auf. Patentierung im Anwendungsfeld Smart Home wird von südkoreanischen Erfinderinnen und Erfindern dominiert, die 32,4 Prozent der identifizierten Patentfamilien ausmachen. Es folgen Erfinderinnen und Erfinder aus den USA (20,1 Prozent), aus China (15,1 Prozent), Deutschland (10,3 Prozent) und Japan (9,9 Prozent). Im Anwendungsfeld menschenfeindliche Umgebungen weisen Erfinderinnen und Erfinder aus den USA wieder besonders starke Aktivitäten (34,0 Prozent) auf. Deutsche Erfinderinnen und Erfinder folgen mit 18,6 Prozent.

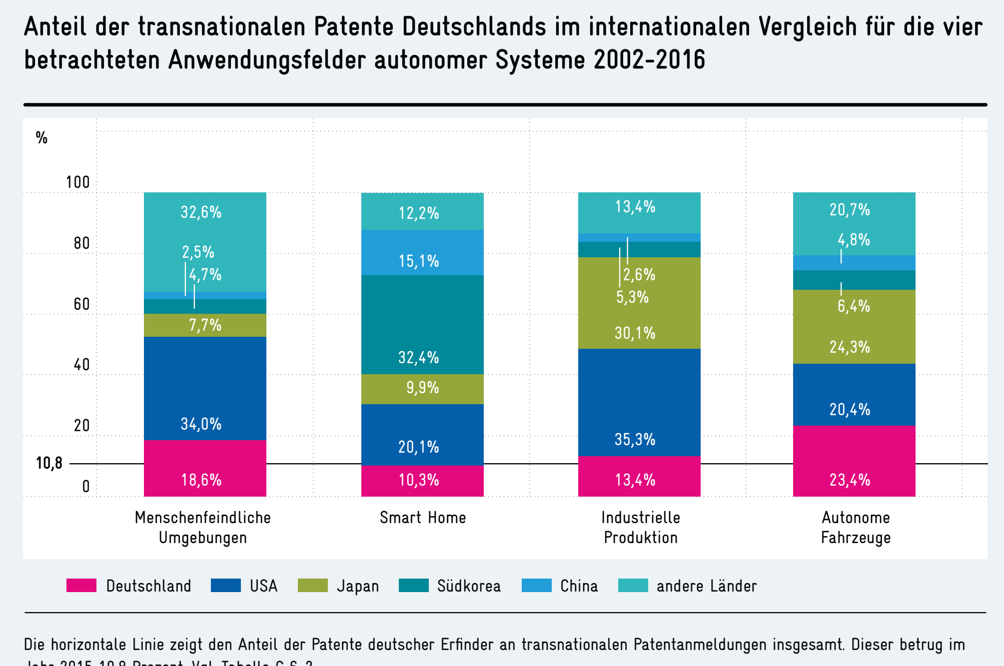
Insgesamt deuten diese Daten auf eine besonders starke Position Deutschlands im Anwendungsfeld des automatisierten Fahrens und der autonomen Systeme in menschenfeindlichen Umgebungen hin. Die Position im Anwendungsfeld industrielle Produktion liegt etwas über dem Anteil von 10,8 Prozent, den deutsche Erfinderinnen und Erfinder an allen transnationalen Patenten halten. Die Position im Anwendungsfeld Smart Home entspricht in etwa der deutscher Erfinderinnen und Erfinder für alle transnationalen Patente im Jahr 2015. Hier liegt also keine besonders starke Spezialisierung vor.

Bewertung der deutschen Position

Die Analysen der Publikations- und Patentaktivitäten liefern ein gemischtes Bild der Position Deutschlands im internationalen Vergleich. Deutschland nimmt in den Anwendungsfeldern autonome Fahrzeuge und menschenfeindliche Umgebungen eine aussichtsreiche Position bei den Patenten ein. Bei Publikationen ist eine international starke Position Deutschlands nur für die Anzahl der Publikationen im Anwendungsfeld industrielle Produktion nachweisbar, nicht aber bei Spitzenpublikationen. Stärken kann Deutschland bislang außerdem im Bereich der KI-Grundlagenforschung vorweisen. Allerdings weisen internationale Wettbewerber hier eine deutlich höhere Dynamik auf. Bemerkenswert ist darüber hinaus die starke Position Chinas, das in allen Anwendungsfeldern autonomer

Abb B 3-9

Anteil der transnationalen Patente Deutschlands im internationalen Vergleich für die vier betrachteten Anwendungsfelder autonomer Systeme 2002-2016



Die horizontale Linie zeigt den Anteil der Patente deutscher Erfinder an transnationalen Patentanmeldungen insgesamt. Dieser betrug im Jahr 2015 10,8 Prozent. Vgl. Tabelle C 6-2.
Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Pötzl und Natterer (2018) und Youtie et al. (2018).

Systeme mehr Publikationen aufweist als Deutschland und mit Ausnahme des Anwendungsfelds autonome Fahrzeuge ebenfalls mehr Spitzenpublikationen hervorbringt.

B 3-5 Fördermaßnahmen und Strategien

Sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene werden autonome Systeme sowie damit in Verbindung stehende Einzeltechnologien staatlich gefördert. In Deutschland sind verschiedene Bundesressorts an den Förderaktivitäten beteiligt. So hat das BMBF die Plattform Lernende Systeme eingeführt und gemeinsam mit dem BMWi das „Fachforum Autonome Systeme im Hightech-Forum" aufgesetzt. Neben einer Vielzahl weiterer Förderprogramme und -projekte dieser Ressorts gibt es auch Förderaktivitäten anderer Ministerien wie z. B. des BMVI.[368] Insgesamt lässt sich bei diesen Maßnahmen[369] ein Förderschwerpunkt beim autonomen Fahren als gegenwärtige Leitanwendung beobachten. Als weitere Schwerpunktthemen erscheinen Robotik sowie industrielle Fertigung.[370] Auch auf europäischer Ebene gibt es eine Prioritätensetzung auf autonomes Fahren. Die Förderung autonomer Systeme findet hier hauptsächlich im Rahmen des 7. EU-Forschungsrahmenprogramms und Horizont 2020 statt.[371]

In Deutschland erfolgt zudem eine Forschungsförderung autonomer Systeme durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). Hier finden sich u. a. die Schwerpunktprogramme „Kooperativ interagierende Automobile" (seit 2015) und „Autonomes Lernen" (seit 2012) sowie die Sonderforschungsbereiche/Transregio-Projekte „Eine Companion-Technologie für kognitive technische Systeme" (2009 bis 2017) und „Kognitive Automobile" (2006 bis 2010).[372] Darüber hinaus fördert die VolkswagenStiftung mit dem Programm „Künstliche Intelligenz – Ihre Auswirkungen auf die Gesellschaft von morgen" integrative Forschungsansätze der Gesellschafts- und Technikwissenschaften im Bereich der KI.[373]

Des Weiteren wurde 2016 vom Land Baden-Württemberg der Forschungsverbund „CyberValley" initiiert.[374] In diesem Netzwerk kooperieren verschiedene Partner aus Wissenschaft und Industrie in der Region Stuttgart-Tübingen, um die Forschung und Entwicklung intelligenter Systeme voranzutreiben, den Technologietransfer sicherzustellen und ein vorteilhaftes Umfeld für Unternehmensgründungen zu schaffen.[375] Die Expertenkommission begrüßt diese Initiative, zumal sie auf einer klar erkennbaren Spitzenstellung der Region in der KI-Grundlagenforschung aufbaut (vgl. Abschnitt B 3-4).

Im internationalen Vergleich zeigt sich, dass im Bereich der KI massive Förderanstrengungen von anderen Staaten angekündigt werden. Viele dieser Ankündigungen wurden noch nicht umgesetzt. Dennoch zeugen sie von einem Bewusstsein für die Bedeutung von KI bei Deutschlands internationalen Wettbewerbern. So strebt China bis 2030 eine führende Position sowohl bei technologischen Entwicklungen als auch bei Anwendungen von KI an.[376] Hierfür soll von staatlicher Seite aus massiv in KI-Start-ups, Grundlagenforschung und „Moonshot-Projekte" investiert werden.[377] Als beispielhafte Maßnahme in der chinesischen KI-Förderstrategie kann der 2017 verkündete Plan der Stadt Tianjin nahe Peking genannt werden, einen Fonds im Umfang von etwa 4,2 Milliarden Euro[378] zur Unterstützung der KI-Industrie einzurichten.[379] Auch die Regierung in Südkorea hat 2016 angekündigt, bis zum Jahr 2020 etwa 780 Millionen Euro[380] zu investieren, um gemeinsam mit Partnern aus der Industrie wie etwa Samsung, LG Electronics und Hyundai Motor ein KI-Forschungszentrum aufzubauen.[381] Japan veröffentlichte 2017 ein Strategiepapier zur KI-Technologie, das Prioritäten der FuE in den Feldern Produktivität, autonome Fahrzeuge und Gesundheit vorsieht und gleichzeitig Kollaborationen zwischen Regierung, Industrie und akademischen Einrichtungen unterstützt sowie die Notwendigkeit der Bildung im Bereich KI hervorhebt. Anwendungen der KI sind zudem auch Teil der sogenannten Revitalisierungsstrategie Japans aus dem Jahr 2017.[382] Die USA haben im Jahr 2016 ebenfalls mehrere Strategiepapiere veröffentlicht, die die Bedeutung der KI sowohl für die Wirtschaft als auch für die nationale Sicherheit hervorheben und Strategien zu deren Förderung darlegen.[383]

Trotz etlicher Einzelmaßnahmen, spezieller Einrichtungen und Plattformen[384] lässt sich in Deutschland derzeit keine Strategie des Bundes mit vergleichbar starker Schwerpunktsetzung auf die Förderung der KI-Forschung ausmachen.

Handlungsempfehlungen B 3-6

Die Expertenkommission begrüßt, dass die Politik mit dem Einsetzen der Ethik-Kommission „Automatisiertes und Vernetztes Fahren" frühzeitig aktiv wurde, um einen gesellschaftlichen Diskurs zu ethischen Fragen autonomer Systeme zu fördern. Sie begrüßt

ebenfalls, dass die technologische Entwicklung autonomer Systeme in die Forschungsförderungsprogramme verschiedener Ressorts Eingang gefunden hat. Die durch das BMBF eingerichtete Plattform Lernende Systeme kann zukünftig wichtige Impulse für die Förderungs- und Anwendungspraxis geben.

Gleichwohl besteht in verschiedenen Bereichen weiterhin großer Handlungsbedarf, um Deutschland in einem dynamischen, internationalen Innovationswettbewerb im Bereich der KI und der autonomen Systeme vorteilhaft zu positionieren.

– Die Expertenkommission plädiert daher für die Einsetzung einer Enquete-Kommission „Autonome Systeme und Künstliche Intelligenz“ des Bundestages. Wesentliche Aufgaben der Enquete-Kommission sollten sein:

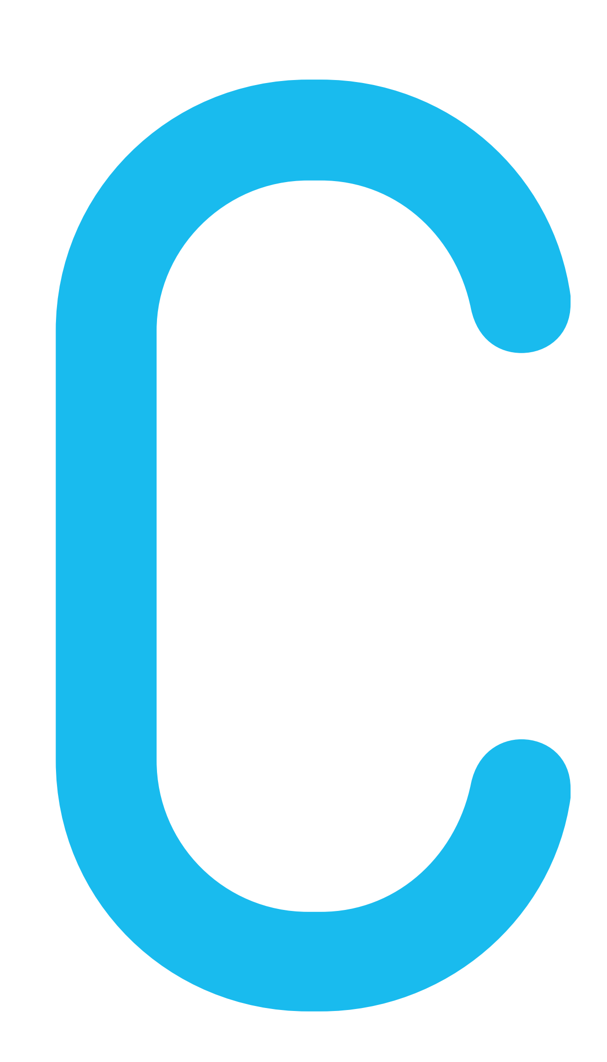
  - den gesellschaftlichen Diskurs zur Gestaltung und Nutzung autonomer Systeme zu bündeln,
  - Entwicklungsprinzipien zu erarbeiten, die eine Kontrolle und Anpassung autonomer oder KI-basierter Systeme auf der Grundlage gesellschaftlich anerkannter ethischer Prinzipien gewährleisten,
  - relevante neue technische, wirtschaftliche und soziale Entwicklungen aufzugreifen,
  - die deutsche Debatte mit internationalen und insbesondere europäischen Diskussionsprozessen zu verknüpfen,
  - geeignete Indikatoren zur regelmäßigen Überprüfung sowohl der Rahmenbedingungen als auch des Leistungsstands im internationalen Vergleich zu entwickeln.

– Die Expertenkommission fordert die Entwicklung einer nationalen Strategie für KI mit dem Ziel der Stärkung der wissenschaftlichen und technologischen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands.

  - Diese Strategie soll in eine europäische Strategie eingebettet werden, da absehbar ist, dass Deutschland allein mit den ambitionierten Plänen von Unternehmen und Forschungseinrichtungen in den USA sowie in China nicht wird Schritt halten können. Im Verbund europäischer Akteure kann hingegen ein wissenschaftliches und ökonomisches Gegengewicht aufgebaut werden.
  - Die Expertenkommission empfiehlt, im Rahmen dieser Strategie den Ausbau der bereits sichtbaren KI-Zentren in Deutschland voranzutreiben. Mit einer wettbewerbsfähigen Ausstattung an Mitteln für die Grundlagenforschung sollte das Ziel verfolgt werden, publikationsstarke Forschende in Deutschland zu halten, Talente anzuziehen und eine gute Basis für den Erkenntnistransfer sowie die wirtschaftliche Nutzung von KI zu erarbeiten.
  - Zusätzlich empfiehlt die Expertenkommission die Flankierung solcher „KI-Leuchttürme" durch geistes- und sozialwissenschaftliche Forschung, um gesellschaftliche Implikationen von KI frühzeitig aufzugreifen, Regulierungsbedarf zu erkennen und den gesellschaftlichen Diskurs zu begleiten.

– Die Expertenkommission fordert die Bundesregierung auf, den von der Europäischen Kommission angestoßenen Prozess zur Schaffung eines europäischen Daten-Binnenmarktes aktiv zu begleiten und zu unterstützen. Nur wenn ein grenzüberschreitender Datenfluss möglich ist und nicht durch rechtliche Friktionen erschwert wird, können die Potenziale zunehmend datenbasierter Wertschöpfungsprozesse realisiert werden.
– Die Bundesregierung muss sicherstellen, dass Unternehmen Daten nicht dazu nutzen können, Markteintrittsbarrieren zu errichten, die den Wettbewerbsprozess auf Dauer behindern. Daten sollten in diesem Fall von Wettbewerbsbehörden als wesentliche Einrichtung (essential facility) behandelt werden.[385]
– Die Expertenkommission empfiehlt, über die Plattform Lernende Systeme den Transfer von Wissen und Erkenntnissen zwischen verschiedenen Akteuren zu fördern. Hierbei sollten insbesondere KMU einbezogen werden. Die Budgetausstattung der Plattform ist auszuweisen und von Mitteln für ohnehin schon laufende Förderungen transparent zu trennen.
– Die bisherige starke Ausrichtung der Förderungspolitik auf aktuelle Stärken der deutschen Wirtschaft könnte sich als hinderlich für die Erschließung neuer Anwendungsfelder erweisen. Die Expertenkommission rät dazu, alle Anwendungsfelder autonomer Systeme in die Förderung einzubeziehen.

STRUKTUR UND TRENDS



Inhalt

Überblick 87

C 1 Bildung und Qualifikation

Abb C 1-1 Qualifikationsniveau der Erwerbstätigen in ausgewählten EU-Ländern 2016 in Prozent 90

Tab C 1-2 Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger an der alterstypischen Bevölkerung in ausgewählten OECD-Ländern und China in Prozent 91

Abb C 1-3 Studienberechtigte in Deutschland 1970–2025, ab 2017 Projektion 92

Tab C 1-4 Anzahl der Erstabsolventinnen und -absolventen sowie Fächerstrukturquote 93

Abb C 1-5 Ausländische Studierende an deutschen Hochschulen 94

Tab C 1-6 Weiterbildungsbeteiligung von Personen und Betrieben in Prozent 95

C 2 Forschung und Entwicklung

Abb C 2-1 FuE-Intensität in ausgewählten OECD-Ländern und China 2006–2016 in Prozent 97

Abb C 2-2 Haushaltsansätze des Staates für zivile FuE 98

Tab C 2-3 Verteilung der Bruttoinlandsausgaben für FuE (GERD) nach durchführendem Sektor 2005 und 2015 98

Tab C 2-4 FuE-Intensität der Bundesländer 2005 und 2015 in Prozent 99

Tab C 2-5 Interne FuE-Ausgaben der Unternehmen nach Herkunft der Mittel, Wirtschaftszweigen, Größen- und Technologieklassen 2015 100

Abb C 2-6 Interne FuE-Ausgaben in Prozent des Umsatzes aus eigenen Erzeugnissen 2014, 2015 und 2016 101

C 3 Innovationsverhalten der Wirtschaft

Abb C 3-1 Innovationsintensität im europäischen Vergleich 2014 in Prozent 103

Abb C 3-2 Innovationsintensität in der Industrie und den wissensintensiven Dienstleistungen Deutschlands in Prozent 103

Abb C 3-3 Anteil des Umsatzes mit neuen Produkten in der Industrie und den wissensintensiven Dienstleistungen in Prozent 104

Abb C 3-4 Anzahl der bei den Technischen Komitees bzw. Subkomitees der International Organization for Standardization (ISO) geführten Sekretariate 104

C 4 Finanzierung von Forschung und Innovation

Abb C 4-1 FuE-Ausgaben im Wirtschaftssektor 2015, die direkt und indirekt durch den Staat finanziert werden, als Anteil am nationalen Bruttoinlandsprodukt in Prozent 106

Abb C 4-2 Anteil der Wagniskapitalinvestitionen am nationalen Bruttoinlandsprodukt 2015 und 2016 in Prozent 106

Abb C 4-3 Entwicklung der Wagniskapitalinvestitionen in Deutschland 2007–2016 in Milliarden Euro 107

C 5 Unternehmensgründungen

Abb C 5-1 Gründungsraten im internationalen Vergleich 2015 in Prozent 109

Abb C 5-2 Gründungsraten in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2006–2016 in Prozent 109

Abb C 5-3 Schließungsraten in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2006–2016 in Prozent 110

Abb C 5-4 Gründungsraten nach Bundesländern 2014–2016 in Prozent 110

C 6 Patente

Abb C 6-1 Zeitliche Entwicklung der Anzahl der transnationalen Patentanmeldungen in ausgewählten Ländern 112

Tab C 6-2 Absolute Zahl, Intensität und Wachstumsraten transnationaler Patentanmeldungen im Bereich der FuE-intensiven Technologie für 2015 112

Abb C 6-3 Zeitliche Entwicklung des Spezialisierungsindex ausgewählter Länder im Bereich hochwertige Technologie 113

Abb C 6-4 Zeitliche Entwicklung des Spezialisierungsindex ausgewählter Länder im Bereich Spitzentechnologie 113

C 7 Fachpublikationen

Abb C 7-1 Publikationsanteile ausgewählter Länder und Regionen an allen Publikationen im Web of Science für 2006 und 2016 in Prozent 115

Abb C 7-2 Internationale Ausrichtung (IA) ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen im Web of Science für 2006 und 2014 (Indexwerte) 116

Abb C 7-3 Zeitschriftenspezifische Beachtung (ZB) ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen im Web of Science für 2006 und 2014 (Indexwerte) 117

C 8 Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung

Tab C 8-1 Komparative Vorteile (Revealed Comparative Advantage, RCA) ausgewählter Länder im Außenhandel mit forschungsintensiven Gütern 2005–2016 119

Abb C 8-2 Anteil der FuE-intensiven Industrien sowie der wissensintensiven Dienstleistungen an der Wertschöpfung 2000 und 2015 in Prozent 119

Abb C 8-3 Entwicklung der Bruttowertschöpfung in verschiedenen gewerblichen Wirtschaftsbereichen in Deutschland 2004–2015 in Milliarden Euro 120

Abb C 8-4 Entwicklung der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in verschiedenen gewerblichen Wirtschaftsbereichen in Deutschland 2009–2016 120

Überblick

Die Erfassung der Leistungsfähigkeit des Forschungs- und Innovationsstandortes Deutschland ist ein fester Bestandteil der jährlichen Berichterstattung der Expertenkommission Forschung und Innovation. Die Erfassung erfolgt anhand der Darstellung verschiedener Indikatoren, die einen Rückschluss auf die Dynamik und Leistungsfähigkeit des Forschungs- und Innovationssystems zulassen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die Indikatoren in acht thematisch geordnete Indikatorensets aufgeteilt. Anhand dieser Indikatorensets wird die Leistungsfähigkeit des deutschen Forschungs- und Innovationssystems im intertemporalen Vergleich sowie im Vergleich mit den wichtigsten nationalen Wettbewerbern dargestellt.[386] Einzelne Indikatoren werden zudem auf Bundesländerebene ausgewiesen, um innerdeutsche Leistungsunterschiede aufzuzeigen. Die Indikatoren sind mehrheitlich den von der Expertenkommission in Auftrag gegebenen Studien zum deutschen Innovationssystem entnommen. Die Studien umfassen neben den hier aufgeführten Indikatoren noch weiteres umfangreiches Indikatoren- und Analysematerial. Sie können auf der Internetseite der Expertenkommission eingesehen und heruntergeladen werden. Gleiches gilt für sämtliche Abbildungen und Tabellen des Jahresgutachtens sowie für die dazugehörigen Datensätze.

C 1 Bildung und Qualifikation

Investitionen in Bildung und ein hohes Qualifikationsniveau stärken die mittel- und langfristige Innovationsfähigkeit und das wirtschaftliche Wachstum eines Landes. Die in Abschnitt C 1 aufgeführten Indikatoren geben Auskunft über den Qualifikationsstand und liefern einen Überblick über die Stärken und Schwächen des Innovationsstandortes Deutschland. Der internationale Vergleich erlaubt eine Einschätzung, wie diese Befunde im Vergleich zu anderen Industrienationen einzuordnen sind.

C 2 Forschung und Entwicklung

Forschungs- und Entwicklungsprozesse sind eine wesentliche Voraussetzung für die Entstehung von neuen Produkten und Dienstleistungen. Prinzipiell gehen von einer hohen FuE-Intensität positive Effekte auf Wettbewerbsfähigkeit, Wachstum und Beschäftigung aus. FuE-Investitionen und -Aktivitäten von Unternehmen, Hochschulen und Staat liefern daher wesentliche Anhaltspunkte zur Beurteilung der technologischen Leistungsfähigkeit eines Landes. Wie Deutschland hinsichtlich seiner FuE-Aktivitäten im internationalen Vergleich abschneidet, in welchem Umfang die einzelnen Bundesländer investieren und welche Wirtschaftszweige besonders forschungsintensiv sind, wird in Abschnitt C 2 dargestellt.

C 3 Innovationsverhalten der Wirtschaft

Innovationsaktivitäten von Unternehmen zielen darauf ab, Wettbewerbsvorteile durch Innovationen zu schaffen. Im Falle einer Produktinnovation wird ein neues oder verbessertes Gut auf den Markt gebracht, dessen Eigenschaften sich von den bisher am Markt angebotenen Gütern unterscheiden. Die Einführung eines neuen oder verbesserten Herstellungsverfahrens wird als Prozessinnovation bezeichnet. Anhand der Innovationsintensität

in der Industrie und in den wissensintensiven Dienstleistungen sowie anhand des Anteils des Umsatzes mit neuen Produkten wird das Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft im internationalen Vergleich in Abschnitt C 3 dargestellt.

C 4 Finanzierung von Forschung und Innovation

Die Finanzierung von Geschäfts- und insbesondere FuE-Tätigkeiten ist eine zentrale Herausforderung vor allem für junge, innovative Unternehmen. Da diese Unternehmen zu Beginn keine oder kaum Umsätze erwirtschaften, ist eine Finanzierung aus eigenen Mitteln kaum möglich. Eine Fremdkapitalfinanzierung ist schwierig, da es für Kapitalgeber wie beispielsweise Banken schwer ist, die Erfolgsaussichten innovativer Unternehmensgründungen zu beurteilen. Alternative Wege der Unternehmensfinanzierung sind die Einwerbung von Beteiligungskapital bzw. Wagniskapital sowie die Finanzierung durch staatliche Förderung. Abschnitt C 4 beschreibt die Verfügbarkeit von Wagniskapital und staatlicher FuE-Förderung in Deutschland und im internationalen Vergleich.

C 5 Unternehmensgründungen

Unternehmensgründungen – insbesondere in forschungs- und wissensintensiven Sektoren – fordern mit innovativen Produkten, Prozessen und Geschäftsmodellen etablierte Unternehmen heraus. Die Gründung neuer Unternehmen und der Austritt nicht (mehr) erfolgreicher Unternehmen aus dem Markt ist Ausdruck des Innovationswettbewerbs um die besten Lösungen. Die in Abschnitt C 5 beschriebene Unternehmensdynamik ist deshalb ein wichtiger Aspekt des Strukturwandels. Gerade in neuen Technologiefeldern, beim Aufkommen neuer Nachfragetrends und in der frühen Phase der Übertragung wissenschaftlicher Erkenntnisse auf die Entwicklung neuer Produkte und Verfahren können junge Unternehmen neue Märkte erschließen und innovativen Ideen zum Durchbruch verhelfen.

C 6 Patente

Patente sind gewerbliche Schutzrechte für neue technische Erfindungen. Sie bilden somit oftmals die Grundlage für die Verwertung von Innovationen am Markt und unterstützen zugleich die Koordination und den Wissens- und Technologietransfer zwischen den Akteuren im Innovationssystem. Abschnitt C 6 stellt die Patentaktivitäten ausgewählter Länder dar. Zudem wird untersucht, inwieweit sich diese Länder in den Bereichen der hochwertigen Technologie und der Spitzentechnologie spezialisiert haben.

C 7 Fachpublikationen

Die stetige Generierung neuen Wissens hängt besonders von der Leistungsfähigkeit des jeweiligen Forschungs- und Wissenschaftssystems ab. Mit Hilfe der Bibliometrie wird diese Leistungsfähigkeit in Abschnitt C 7 im internationalen Vergleich dargestellt. Hierbei wird die Leistung eines Landes anhand der Publikationen seiner Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Fachzeitschriften ermittelt. Die Wahrnehmung und Bedeutung dieser Veröffentlichungen wird durch die Anzahl der Zitate erfasst.

C 8 Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung

Der Anteil von Arbeitseinsatz und Wertschöpfung in den forschungs- und wissensintensiven Branchen in einem Land spiegelt deren wirtschaftliche Bedeutung wider und lässt Rückschlüsse auf die technologische Leistungsfähigkeit eines Landes zu. Abschnitt C 8 stellt die Entwicklung von Wertschöpfung und Produktivität in forschungsintensiven Industrien und wissensintensiven Dienstleistungen im internationalen Vergleich dar. Darüber hinaus wird die Position Deutschlands im Welthandel mit forschungsintensiven Gütern und wissensintensiven Dienstleistungen aufgezeigt.

Bildung und Qualifikation[387]

C 1

Der Anteil der Erwerbstätigen mit tertiärer Qualifikation (ISCED 5+6 und ISCED 7+8) lag in Deutschland im Jahr 2016 bei 31,2 Prozent und damit um 0,5 Prozentpunkte höher als im Vorjahr (C 1-1). Beim Anteil der Geringqualifizierten (ISCED 0-2) weist Deutschland im internationalen Vergleich nach Finnland den zweitgeringsten Wert auf.

Der Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger an der alterstypischen Bevölkerung (C 1-2) ging in Deutschland im Jahr 2015 erstmals seit 2007 leicht zurück und betrug 63 Prozent. Im Zeitraum 2007 bis 2014 war der Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger stark von 34 auf 64 Prozent gestiegen.

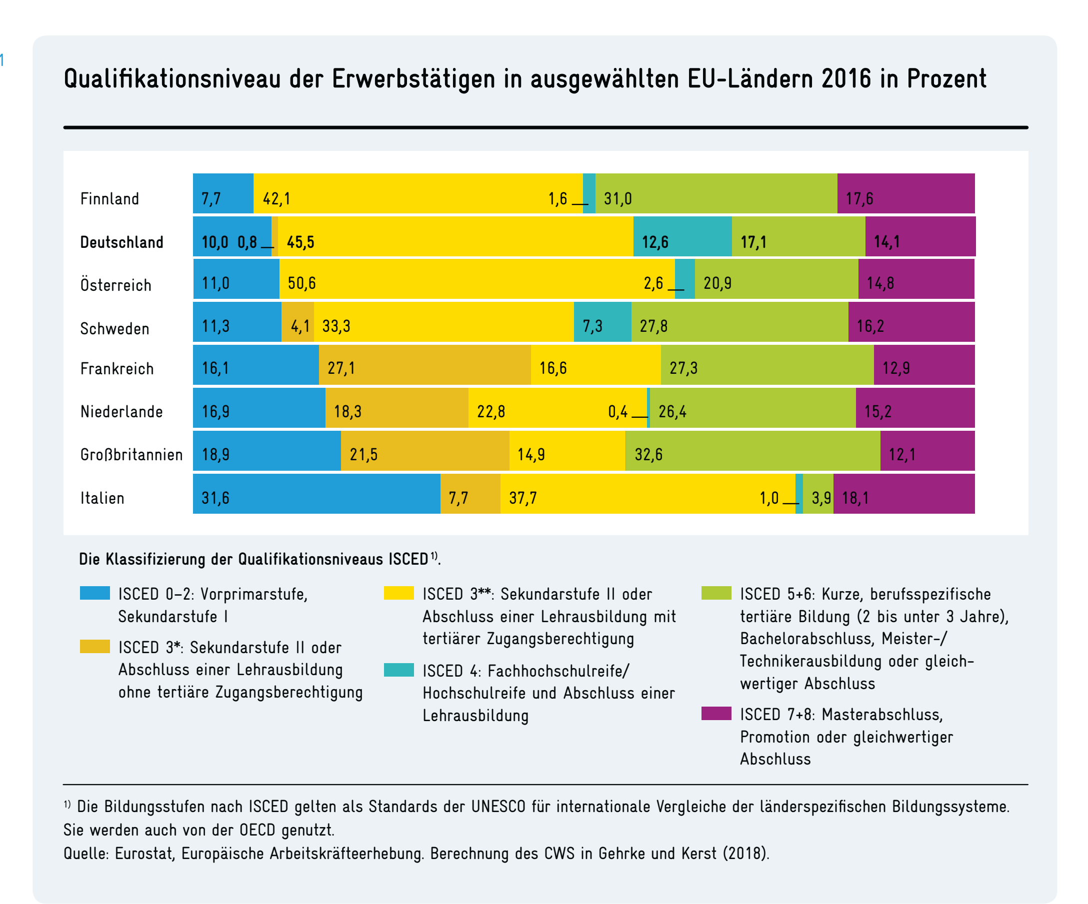
Im Jahr 2016 gab es in Deutschland 453.622 Studienberechtigte (C 1-3). Die Studienberechtigtenquote, d.h. der Anteil der Studienberechtigten an der Bevölkerung des entsprechenden Alters, lag damit bei 52,1 Prozent.

Die Anzahl der Erstabsolventinnen und -absolventen (C 1-4) ist im Jahr 2016 gegenüber dem Vorjahr leicht von 317.102 auf 315.168 gesunken. Ebenfalls leicht zurückgegangen ist der Anteil der Ingenieurwissenschaften an allen Fächergruppen. Er sank von 25,6 Prozent im Jahr 2015 auf 24,9 Prozent im Jahr 2016. Hinweis: Die Fächerstrukturquote wurde in jenem Jahr erstmals nach der neuen Fächergruppensystematik des Statistischen Bundesamtes erstellt, die vor allem die Relationen zwischen den Fächergruppen verändert. Um die Vergleichbarkeit über die Jahre zu erhalten, wurden die in die Tabelle eingegangenen Daten für das Wintersemester 2015/16 auf die Fächergruppengliederung der vorangegangenen Jahre umgerechnet.

Die Anzahl der ausländischen Studierenden in Deutschland (C 1-5) lag zum Wintersemester 2015/16 bei 356.895. Damit hat sich ihre Zahl seit dem Wintersemester 2001/02 um 152.754 bzw. um 57 Prozent erhöht.

Die Weiterbildungsquote von Personen (C 1-6) ist im Jahr 2016 auf 5,2 Prozent gestiegen, gegenüber 4,9 Prozent im Jahr 2015. Den stärksten Zuwachs verzeichnete die Weiterbildungsbeteiligung von Erwerbstätigen mit einer Steigerung von 5,5 auf 5,8 Prozent.

Abb C 1-1



[1] Die Bildungsstufen nach ISCED gelten als Standards der UNESCO für internationale Vergleiche der länderspezifischen Bildungssysteme. Sie werden auch von der OECD genutzt.

Quelle: Eurostat, Europäische Arbeitskräfteerhebung. Berechnung des CWS in Gehrke und Kerst (2018).

Tab C 1-2

Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger an der alterstypischen Bevölkerung in ausgewählten OECD-Ländern und China in Prozent

Studienanfängerquote: Anteil der Studienanfänger an der Bevölkerung des entsprechenden Alters.

OECD-Länder	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013 [1]	2014 [1]	2015 [1]	2015 *
Deutschland	**36**	**35**	**34**	**36**	**40**	**42**	**46**	**53**	**59**	**64**	**63**	**56**
Frankreich	–	–	–	–	–	–	39	41	–	–	–	–
Großbritannien	51	57	55	57	61	63	64	67	58	61	69	61
Japan	41	45	46	48	49	51	52	52	–	80	80	–
Schweden	76	76	73	65	68	76	72	60	56	62	62	55
Südkorea	54	59	61	71	71	71	69	69	–	–	–	–
USA	64	64	65	64	70	74	72	71	52	52	52	50
OECD-Durchschnitt	**54**	**56**	**56**	**56**	**59**	**61**	**60**	**58**	**67**	**68**	–	–
China	–	–	–	–	17	17	19	18	–	–	–	–

[1] Angegeben sind die Studienanfängerquoten nach ISCED 2011-Klassifikation für die Stufen 5, 6 und 7. Hinweis: Werte ab 2013 wurden nach ISCED 2011 erfasst, Werte vor 2013 wurden nach ISCED 97 erfasst, deshalb ist diese Tabelle mit vorhergehenden Jahren nicht vergleichbar. Die hier verwendete ISCED 2011 verfügt über neun Stufen, während ISCED 1997 nur über sieben Stufen verfügte. ISCED 2011 hat vier statt zwei Niveaus im Hochschulbereich (ISCED 1997: Stufe 5A und 6; ISCED 2011: Stufe 5 bis 8) und ermöglicht zudem eine Unterscheidung zwischen Sekundarstufe II oder Abschluss einer Lehrausbildung ohne tertiäre Zugangsberechtigung (ISCED 3*) einerseits und Sekundarstufe II oder Abschluss einer Lehrausbildung mit tertiärer Zugangsberechtigung (ISCED 3**) andererseits.

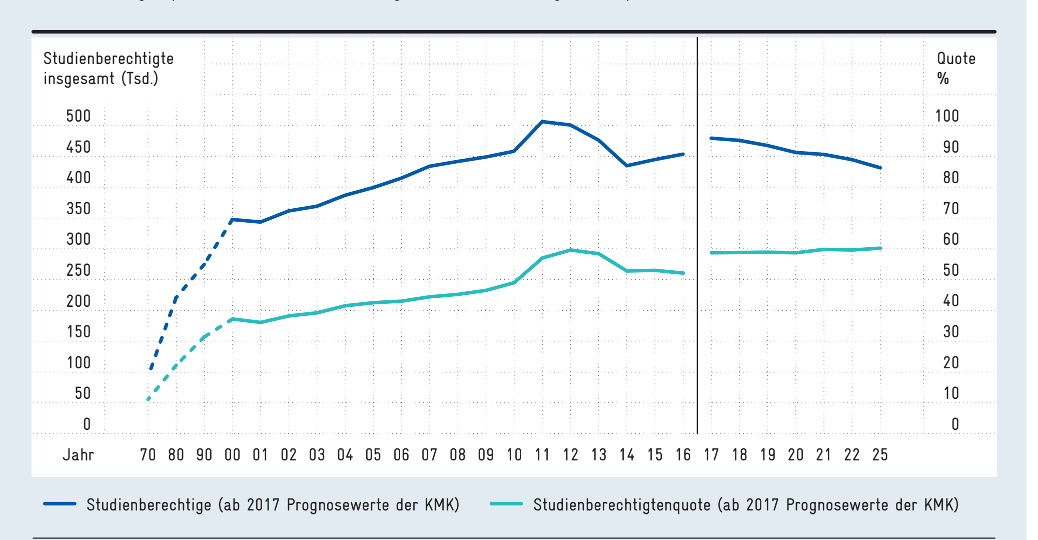
* Bereinigte Quote ohne internationale Studienanfänger.

Quellen: OECD (Hrsg.): Bildung auf einen Blick. OECD-Indikatoren, div. Jahrgänge in Gehrke und Kerst (2018).

Abb C 1-3

Studienberechtigte in Deutschland 1970–2025, ab 2017 Projektion

Studienberechtigte: Studienberechtigte sind diejenigen Schulabgänger, die eine allgemeine oder fachgebundene Hochschulreife bzw. eine Fachhochschulreife* erworben haben.
Studienberechtigtenquote: Anteil der Studienberechtigten an der Bevölkerung des entsprechenden Alters.



* Seit 2013 Istwerte ohne Schulabgänger, die den schulischen Teil der Fachhochschulreife erworben haben und noch eine länderrechtlich geregelte fachpraktische Vorbildung nachweisen müssen (etwa durch ein Berufspraktikum), um die volle Fachhochschulreife zu erhalten.
Quelle Prognosewerte: Statistische Veröffentlichungen der Kultusministerkonferenz in Gehrke und Kerst (2018).

Tab C 1-4

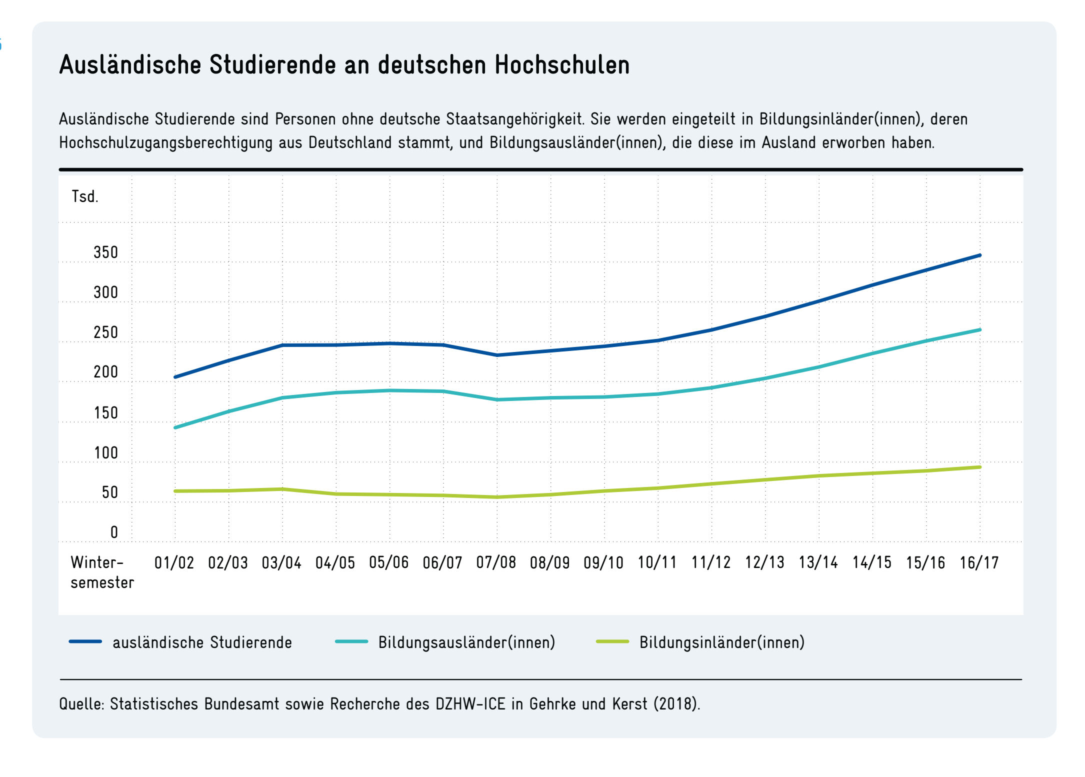
Anzahl der Erstabsolventinnen und -absolventen sowie Fächerstrukturquote [1)]

Erstabsolvent(innen) und Fächerstrukturquote: Die Fächerstrukturquote gibt den Anteil von Erstabsolvent(innen) an, die ihr Studium innerhalb eines bestimmten Faches bzw. einer Fächergruppe absolviert haben. Erstabsolvent(innen) sind Personen, die ein Erststudium erfolgreich abgeschlossen haben.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Absolvent(inn)en insgesamt [2)]	**220.782**	**239.877**	**260.498**	**287.997**	**294.330**	**307.271**	**309.621**	**309.870**	**313.796**	**317.102**	**315.168**
Anteil Frauen in Prozent	51,6	51,8	52,2	51,7	52,1	51,4	51,3	51,5	51,2	51,1	52,0
Anteil Universität in Prozent	61,9	62,4	62,4	62,0	62,0	62,1	61,3	59,9	59,0	56,8	54,7
Geisteswissenschaften	**27.361**	**30.997**	**36.458**	**38.684**	**38.385**	**39.435**	**38.444**	**38.247**	**38.788**	**37.135**	**34.886**
Anteil Fächergruppe in Prozent	12,4	12,9	14,0	13,4	13,0	12,8	12,4	12,3	12,4	11,7	11,1
Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften	**91.643**	**98.668**	**101.418**	**116.414**	**119.289**	**122.294**	**122.239**	**123.171**	**125.628**	**128.273**	**132.737**
Anteil Fächergruppe in Prozent	41,5	41,1	38,9	40,3	40,5	39,8	39,5	39,7	40,0	40,5	42,1
Humanmedizin/ Gesundheitswissenschaften	**12.230**	**13.358**	**14.345**	**15.142**	**15.222**	**15.686**	**15.856**	**16.534**	**17.331**	**17.935**	**19.521**
Anteil Fächergruppe in Prozent	5,5	5,6	5,5	5,2	5,2	5,1	5,1	5,3	5,5	5,7	6,2
Agrar-, Forst- und Ernährungswissenschaften, Veterinärmedizin	**6.227**	**6.534**	**7.204**	**7.729**	**7.125**	**7.521**	**7.345**	**7.158**	**7.008**	**7.442**	**6.978**
Anteil Fächergruppe in Prozent	2,8	2,7	2,8	2,7	2,4	2,4	2,4	2,3	2,2	2,3	2,2
Kunst, Kunstwissenschaften	**10.503**	**10.399**	**11.185**	**11.544**	**11.820**	**12.525**	**12.866**	**12.542**	**11.913**	**11.514**	**11.268**
Anteil Fächergruppe in Prozent	4,8	4,3	4,3	4,0	4,0	4,1	4,2	4,0	3,8	3,6	3,6
Mathematik, Naturwissenschaften	**20.520**	**22.986**	**27.377**	**30.953**	**32.800**	**34.096**	**32.793**	**31.665**	**31.635**	**30.001**	**28.081**
Anteil Fächergruppe in Prozent	9,3	9,6	10,5	10,7	11,1	11,1	10,6	10,2	10,1	9,5	8,9
Ingenieurwissenschaften	**49.169**	**53.496**	**58.514**	**64.004**	**65.621**	**71.128**	**75.697**	**77.049**	**78.018**	**81.300**	**78.552**
Anteil Fächergruppe in Prozent	22,3	22,3	22,5	22,2	22,3	23,1	24,4	24,9	24,9	25,6	24,9

1) Seit dem Wintersemester 2015/16 wird die neue Fächergruppengliederung des Statistischen Bundesamtes verwendet. Neben kleineren Änderungen wie der Umbenennung von Studienfächern oder der Zusammenlegung der Veterinärmedizin mit den Agrar-, Forst- und Ernährungswissenschaften wurden zwei größere Neuzuordnungen vorgenommen. Die Fächergruppe Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften enthält nun auch die bisher der Fächergruppe Sprach- und Kulturwissenschaften (jetzt: Geisteswissenschaften) zugeordneten Studienbereiche Psychologie, Erziehungswissenschaft und Sonderpädagogik. Der Studienbereich Informatik wird seit der Umstellung als Teil der Ingenieurwissenschaften gezählt und nicht, wie vorher, als Teil der Fächergruppe Mathematik, Naturwissenschaften. In den Ingenieurwissenschaften wurde außerdem der neue Studienbereich Materialwissenschaft und Werkstofftechnik eingeführt. Die beiden Fächer waren zuvor dem Studienbereich Maschinenbau zugeordnet. Alle Zeitreihen wurden rückwirkend auf die neue Fächersystematik umgestellt. Dadurch werden Brüche in der Zeitreihe vermieden. Ein Vergleich mit den Tabellen aus den vorangegangenen EFI-Jahresgutachten ist jedoch nur noch eingeschränkt möglich.
2) Absolvent(inn)en mit erstem Studienabschluss.
Quelle: Statistisches Bundesamt sowie Recherche des DZHW-ICE in Gehrke und Kerst (2018).

Abb C 1-5


Ausländische Studierende an deutschen Hochschulen
Ausländische Studierende sind Personen ohne deutsche Staatsangehörigkeit. Sie werden eingeteilt in Bildungsinländer(innen), deren Hochschulzugangsberechtigung aus Deutschland stammt, und Bildungsausländer(innen), die diese im Ausland erworben haben.
Tsd.
350
300
250
200
150
100
50
0
Winter-semester
01/02
02/03
03/04
04/05
05/06
06/07
07/08
08/09
09/10
10/11
11/12
12/13
13/14
14/15
15/16
16/17
ausländische Studierende
Bildungsausländer(innen)
Bildungsinländer(innen)
Quelle: Statistisches Bundesamt sowie Recherche des DZHW-ICE in Gehrke und Kerst (2018).

Tab C 1-6

Weiterbildungsbeteiligung von Personen und Betrieben in Prozent

Individuelle Weiterbildungsquote: Teilnahme an einer Weiterbildungsmaßnahme in den letzten vier Wochen vor dem Befragungszeitpunkt. Betriebliche Weiterbildungsbeteiligung: Anteil der Betriebe, in denen Arbeitskräfte für Weiterbildung freigestellt oder Kosten für Weiterbildung übernommen wurden.*

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
a) Individuelle Weiterbildungsquote	4,6	4,9	5,5	5,0	4,9	4,9	5,1	4,9	4,8	4,9	5,2
Erwerbstätige	**5,7**	**5,9**	**6,4**	**5,8**	**5,6**	**5,6**	**5,9**	**5,6**	**5,5**	**5,5**	**5,8**
niedrig (ISCED 0-2)	1,3	1,5	1,7	1,4	1,3	1,0	1,4	1,4	1,3	1,2	1,5
mittel (ISCED 3-4)	4,0	4,1	4,4	4,2	3,9	3,9	4,1	3,9	4,2	4,3	4,5
hoch (ISCED 5-8)	11,2	11,4	12,2	10,6	10,5	10,3	10,6	10,1	9,4	9,3	9,7
Erwerbslose	**2,8**	**3,1**	**4,9**	**4,3**	**3,9**	**4,6**	**3,8**	**3,6**	**3,7**	**3,7**	**3,4**
niedrig (ISCED 0-2)	1,1	2,5	2,4	2,7	3,5	3,6	3,1	2,9	2,8	2,6	2,0
mittel (ISCED 3-4)	3,0	2,9	5,3	4,0	3,2	4,0	3,6	3,4	3,3	3,4	3,9
hoch (ISCED 5-8)	5,6	5,4	8,1	8,4	8,3	10,0	6,6	5,4	6,4	6,3	6,1
Nichterwerbspersonen	**1,6**	**1,7**	**2,3**	**1,9**	**2,0**	**1,9**	**1,6**	**1,8**	**1,8**	**2,0**	**2,2**
niedrig (ISCED 0-2)	0,9	0,8	1,4	1,8	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,7	2,3
mittel (ISCED 3-4)	1,3	1,7	1,8	1,5	1,8	1,9	1,4	1,5	1,6	1,6	2,1
hoch (ISCED 5-8)	4,2	3,5	5,4	3,4	3,6	2,7	2,8	3,5	3,4	3,7	3,5
b) Betriebliche Weiterbildungsbeteiligung	**-**	**45,5**	**49,0**	**44,6**	**44,1**	**52,6**	**53,1**	**52,1**	**53,6**	**52,8**	**-**
Nach Branchen											
Wissensintensives produzierendes Gewerbe	-	65,3	65,1	52,6	55,9	62,9	65,5	66,7	69,9	70,6	-
Nicht-wissensintensives produzierendes Gewerbe	-	33,2	37,8	32,5	33,3	41,2	43,2	41,8	43,0	44,5	-
Wissensintensive Dienstleistungen	-	63,2	68,3	58,7	57,1	68,7	67,2	67,4	67,0	67,5	-
Nicht-wissensintensive Dienstleistungen	-	37,3	39,4	38,0	37,5	44,9	45,3	44,3	46,0	43,8	-
Nicht-gewerbliche Wirtschaft	-	49,9	53,8	51,9	51,2	59,0	60,3	58,4	61,9	60,1	-
Nach Betriebsgrößen											
< 50 Beschäftigte	-	43,2	46,9	42,5	41,8	50,5	50,9	49,8	51,4	50,5	-
50 – 249 Beschäftigte	-	85,1	86,7	81,3	83,3	90,8	89,7	90,1	90,8	89,3	-
250 – 499 Beschäftigte	-	95,2	95,9	92,0	93,3	95,9	96,5	97,0	96,9	96,8	-
≥ 500 Beschäftigte	-	95,3	97,8	96,0	97,9	98,4	97,8	99,1	99,1	97,1	-

Alle Werte sind vorläufig. Zu ISCED vgl. C 1-1.
Grundgesamtheit a): Alle Personen im Alter von 15 bis 64 Jahren.
Grundgesamtheit b): Alle Betriebe mit mindestens einem sozialversicherungspflichtig Beschäftigten.
* Fragestellung im IAB-Betriebspanel: „Wurden Arbeitskräfte zur Teilnahme an inner- oder außerbetrieblichen Maßnahmen freigestellt bzw. wurden die Kosten für Weiterbildungsmaßnahmen ganz oder teilweise vom Betrieb übernommen?"
Quelle a): Europäische Arbeitskräfteerhebung (Sonderauswertung). Berechnungen des CWS in Gehrke und Kerst (2018).
Quelle b): IAB-Betriebspanel (Sonderauswertung). Berechnungen des CWS in Gehrke und Kerst (2018).

C 2 Forschung und Entwicklung[388]

Die FuE-Intensität (C 2-1) Deutschlands, d.h. der Anteil der FuE-Ausgaben am Bruttoinlandsprodukt, betrug im Jahr 2016 2,94 Prozent.[389] Die FuE-Intensität ist damit gegenüber dem Vorjahr leicht um 0,02 Prozentpunkte gestiegen, liegt aber noch immer unter dem von der Bundesregierung angestrebten Drei-Prozent-Ziel. Eine ähnlich geringe Dynamik weisen auch die FuE-Intensitäten Großbritanniens und Schwedens auf: In Schweden sank die FuE-Intensität von 2015 auf 2016 leicht um 0,02 Prozentpunkte auf 3,25 Prozent, in Großbritannien stieg sie im gleichen Zeitraum von 1,65 auf 1,67 Prozent. Auffällig ist die Entwicklung der FuE-Intensität in Südkorea: Hier sank die FuE-Intensität im Jahr 2015 von 4,29 Prozent auf 4,23 Prozent. Dies war der erste Rückgang im Untersuchungszeitraum.

Der Haushaltsansatz, also die im Staatshaushalt eingestellten finanziellen Mittel, für zivile FuE (C 2-2) lag in Deutschland im Jahr 2016 64 Prozent über dem Ausgangsniveau von 2007. Das mit Abstand stärkste Wachstum verzeichnete die Schweiz. Ihr Haushaltsansatz für zivile FuE lag 2016 um 102 Prozent über dem Ausgangsniveau von 2007. In Schweden und Südkorea war ein mit Deutschland in etwa vergleichbarer Aufwuchs von ca. 60 Prozent gegenüber 2007 zu verzeichnen.

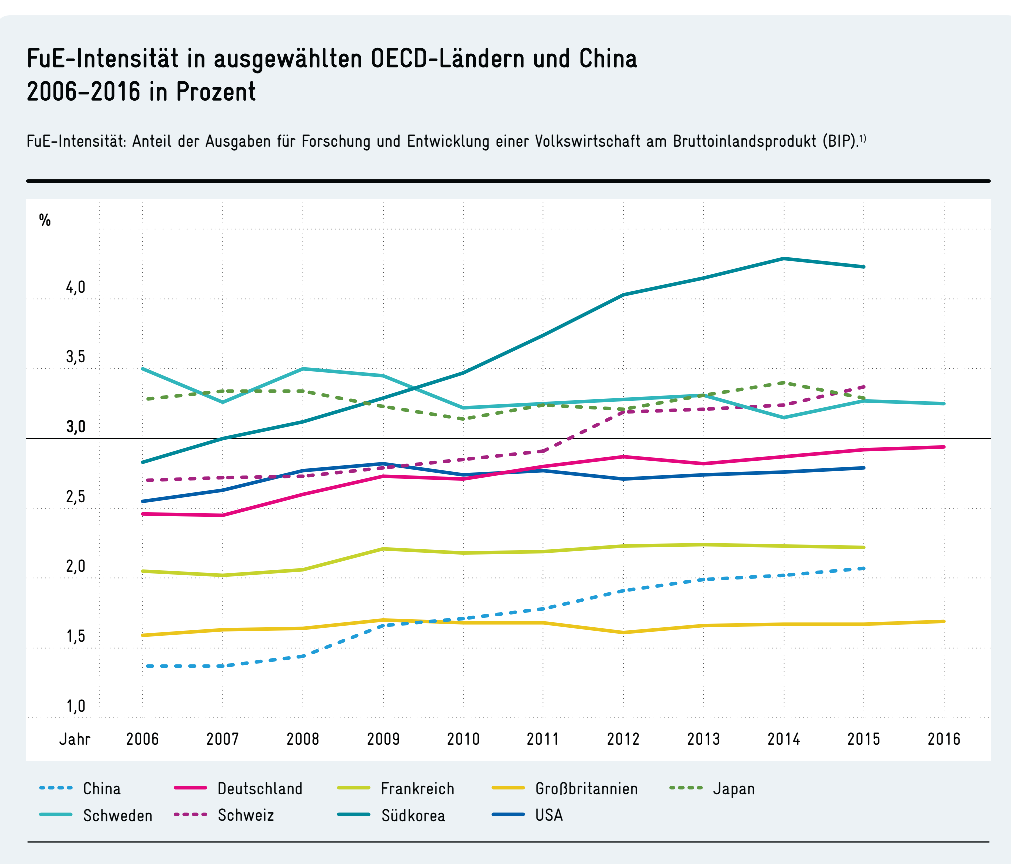
Für den Indikator Verteilung der Bruttoinlandsausgaben für FuE nach durchführendem Sektor (C 2-3) hat sich der aktuelle Rand gegenüber dem Vorjahr nicht verändert. Lediglich einzelne Daten wurden revidiert; auf eine erneute Kommentierung wurde verzichtet.

Die FuE-Intensität der Bundesländer (C 2-4) ist zwischen 2005 und 2015 in allen 16 Bundesländern gestiegen. Die größte Dynamik verzeichnete das Land Niedersachsen: Hier stieg die FuE-Intensität von 2,19 auf 3,45 Prozent. Damit weist Niedersachsen für das Jahr 2015, nach Baden-Württemberg (4,94 Prozent) und Berlin (3,55 Prozent), die dritthöchste FuE-Intensität aller Bundesländer auf.

Die internen FuE-Ausgaben der Unternehmen (C 2-5) beliefen sich im Jahr 2015 auf knapp 61 Milliarden Euro. Allein 23,5 Milliarden Euro entfielen davon auf den Fahrzeugbau und 9,8 Milliarden Euro auf die Unternehmen der Elektrotechnik/Elektronik. Damit liegt eine sehr hohe Konzentration und wirtschaftliche Abhängigkeit in FuE vom Fahrzeugbau vor.

Der Indikator Interne FuE-Ausgaben in Prozent des Umsatzes aus eigenen Erzeugnissen (C 2-6) dokumentiert für das Jahr 2016 eine deutliche Zunahme der internen FuE-Ausgaben der Pharmaindustrie. Der Anteil der FuE-Ausgaben am Umsatz aus eigenen Erzeugnissen stieg von 11,9 Prozent im Jahr 2015 auf 14 Prozent im Jahr 2016.

Abb C 2-1

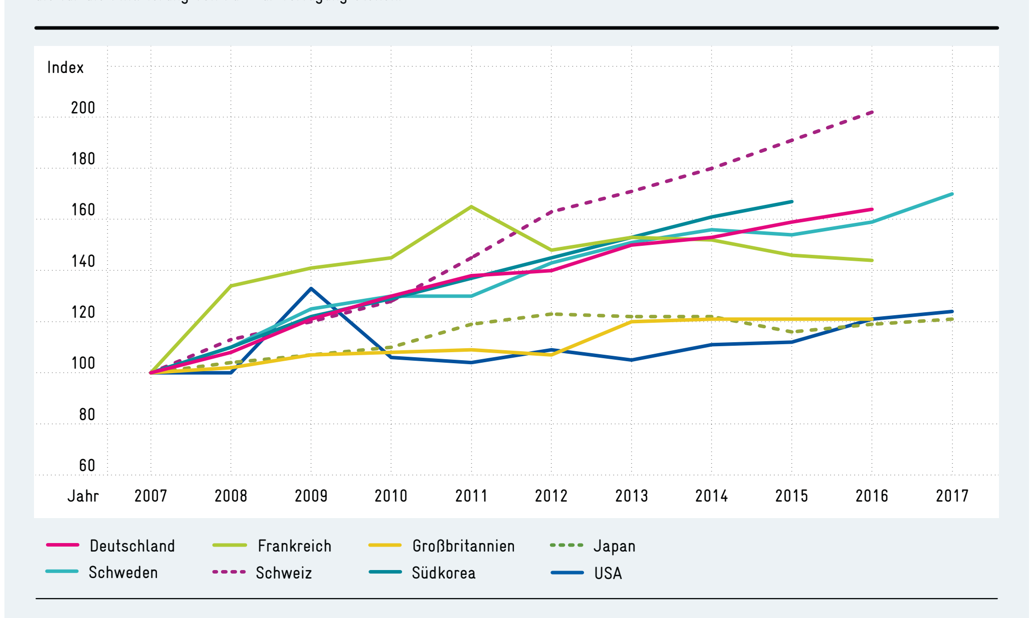


[1] Bruttoinlandsprodukt auf Grundlage der Methodik des Europäischen Systems Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen (ESVG 2010).
Daten für die Schweiz teilweise geschätzt.
China 2009, Frankreich 2010, Japan 2008, Südkorea 2007 Bruch in der Reihe.
Quelle: OECD, EUROSTAT. Berechnungen und Schätzungen des CWS in Schasse et al. (2018).

Abb C 2-2

Haushaltsansätze des Staates für zivile FuE

FuE-Haushaltsansätze: Betrachet werden die im Haushaltsplan festgesetzten Budgets, die für die Finazierung von FuE zur Verfügung stehen.



Index: 2007 = 100, Daten zum Teil geschätzt.
Quelle: OECD, EUROSTAT. Berechnungen und Schätzungen des CWS in Schasse et al. (2018).

Tab C 2-3

Verteilung der Bruttoinlandsausgaben für FuE (GERD) nach durchführendem Sektor 2005 und 2015

Die Bruttoinlandsausgaben für FuE (Gross Domestic Expenditure on R&D – GERD) sind Ausgaben für Forschung und Entwicklung der drei Sektoren Wirtschaft, Hochschulen und Staat.

	2005					2015				
		davon durchgeführt von ... (in Prozent)					davon durchgeführt von ... (in Prozent)			
Länder	GERD in Mio. US-Dollar	Wirt-schaft	Hoch-schulen	Staat	Private Nonprofit*	GERD in Mio. US-Dollar	Wirt-schaft	Hoch-schulen	Staat	Private Nonprofit*
Deutschland	**63.868**	**69,3**	**16,5**	**14,1**	**-**	**114.778**	**68,7**	**17,3**	**14,1**	**-**
Frankreich	39.530	62,1	18,8	17,8	1,3	60.819	65,1	20,3	13,1	1,5
Großbritannien	30.640	61,4	25,7	10,6	2,3	46.260	65,7	25,6	6,8	1,9
Japan	128.695	76,4	13,4	8,3	1,9	170.003	78,5	12,3	7,9	1,3
Schweden	10.388	72,8	22,0	4,9	0,3	15.372	69,7	26,7	3,4	0,2
Schweiz[1]	8.436	73,7	22,9	1,1	2,3	17.688	71,0	26,7	0,9	1,5
Südkorea	30.618	76,9	9,9	11,9	1,4	74.051	77,5	9,1	11,7	1,6
USA	328.128	68,9	14,3	12,3	4,4	502.893	71,5	13,2	11,2	4,1
China	86.828	68,3	9,9	21,8	-	408.829	76,8	7,0	16,2	-

[1] 2004 statt 2005.
* Private Nonprofit-Organisationen: in einigen Ländern in „Staat" enthalten (z. B. Deutschland).
Quelle: OECD, EUROSTAT. Berechnungen des CWS in Schasse et al. (2018).

Tab C 2-4

FuE-Intensität der Bundesländer 2005 und 2015 in Prozent

FuE-Intensität: Anteil der Ausgaben der Bundesländer für Forschung und Entwicklung an ihrem Bruttoinlandsprodukt, aufgeschlüsselt nach durchführendem Sektor.

	2005				2015			
Bundesländer	Gesamt	Wirtschaft	Staat	Hochschulen	Gesamt	Wirtschaft	Staat	Hochschulen
Baden-Württemberg	4,08	3,27	0,40	0,41	4,94	4,02	0,41	0,51
Bayern	2,89	2,32	0,26	0,31	3,16	2,44	0,31	0,41
Berlin	3,48	1,69	1,03	0,76	3,55	1,47	1,20	0,89
Brandenburg	1,17	0,29	0,61	0,27	1,64	0,60	0,70	0,34
Bremen	2,15	0,90	0,62	0,63	2,79	1,02	1,09	0,68
Hamburg	1,77	1,06	0,33	0,37	2,24	1,26	0,46	0,51
Hessen	2,46	2,00	0,15	0,30	2,82	2,15	0,24	0,43
Mecklenburg-Vorpommern	1,45	0,31	0,62	0,51	1,87	0,60	0,63	0,65
Niedersachsen	2,19	1,46	0,33	0,40	3,45	2,53	0,39	0,53
Nordrhein-Westfalen	1,72	1,06	0,25	0,41	1,95	1,13	0,32	0,50
Rheinland-Pfalz	1,66	1,17	0,16	0,33	2,35	1,79	0,15	0,41
Saarland	1,01	0,31	0,29	0,41	1,54	0,64	0,38	0,52
Sachsen	2,35	1,08	0,65	0,62	2,72	1,19	0,78	0,76
Sachsen-Anhalt	1,20	0,35	0,41	0,44	1,39	0,37	0,49	0,54
Schleswig-Holstein	1,14	0,52	0,30	0,32	1,47	0,77	0,34	0,36
Thüringen	1,87	0,98	0,39	0,49	2,01	0,97	0,46	0,58
Deutschland	**2,43**	**1,68**	**0,34**	**0,40**	**2,92**	**2,01**	**0,41**	**0,50**

Quelle: SV Wissenschaftsstatistik in Schasse et al. (2018).

Tab C 2-5

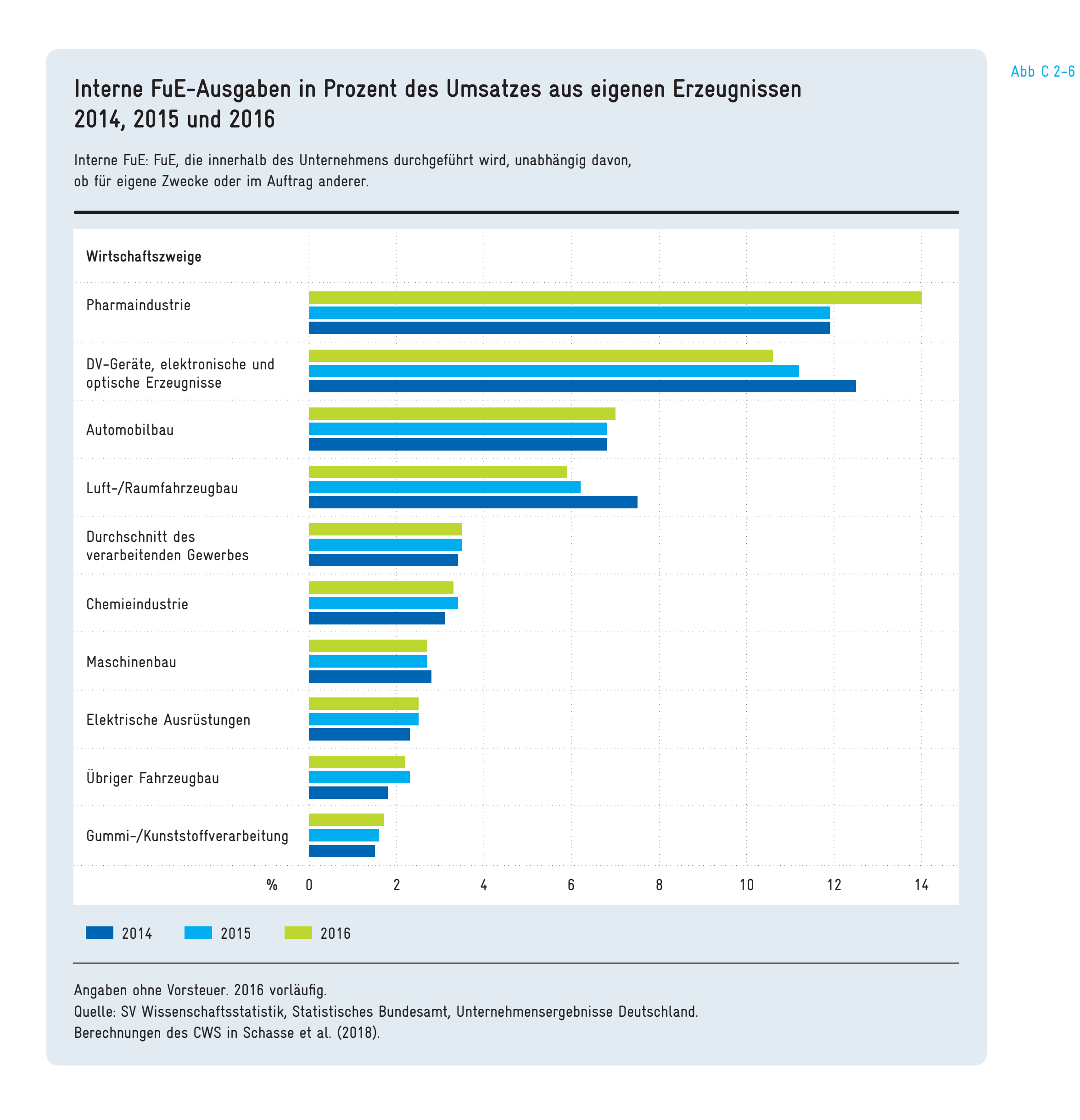
Interne FuE-Ausgaben der Unternehmen nach Herkunft der Mittel, Wirtschaftszweigen, Größen- und Technologieklassen 2015

Interne FuE: FuE, die innerhalb des Unternehmens durchgeführt wird, unabhängig davon, ob für eigene Zwecke oder im Auftrag anderer.

	Interne FuE-Ausgaben				
	insgesamt	davon finanziert von			
		Wirtschaft	Staat	andere Inländer	Ausland
	in 1.000 Euro	in Prozent			
Alle forschenden Unternehmen (ohne Gemeinschaftsforschung)	**60.657.135**	**90,1**	**3,1**	**0,1**	**6,7**
Verarbeitendes Gewerbe	51.912.569	90,8	2,0	0,1	7,1
Chemische Industrie	3.786.071	90,1	1,4	0,0	8,4
Pharmazeutische Industrie	3.956.079	76,4	0,5	0,0	23,1
Kunststoff-, Glas- u. Keramikindustrie	1.398.754	92,6	2,7	0,3	4,4
Metallerzeugung und -bearbeitung	1.354.999	80,5	9,3	0,2	9,9
Elektrotechnik/Elektronik	9.790.457	91,1	2,7	0,0	6,2
Maschinenbau	5.459.450	95,1	2,1	0,1	2,7
Fahrzeugbau	23.473.463	92,4	1,3	0,2	6,0
Übriges verarbeitendes Gewerbe	2.693.298	93,0	4,3	0,1	2,6
Übrige Wirtschaftszweige	8.744.565	86,1	9,5	0,1	4,2
weniger als 100 Beschäftigte	2.539.754	75,4	17,4	0,2	6,9
100 bis 499 Beschäftigte	5.247.883	84,6	7,9	0,2	7,2
500 bis 999 Beschäftigte	3.660.396	87,6	6,2	0,1	6,1
1.000 und mehr Beschäftigte	49.209.102	91,6	1,6	0,1	6,6
Technologieklassen in der Industrie					
Spitzentechnologie (> 9 Prozent FuE-Aufwand/Umsatz)	13.463.726	84,9	3,4	0,0	11,7
Hochwertige Technologie (3-9 Prozent FuE-Aufwand/Umsatz)	32.511.084	93,3	1,1	0,2	5,5

Quelle: SV Wissenschaftsstatistik in Schasse et al. (2018).

Abb C 2-6



Angaben ohne Vorsteuer. 2016 vorläufig.
Quelle: SV Wissenschaftsstatistik, Statistisches Bundesamt, Unternehmensergebnisse Deutschland.
Berechnungen des CWS in Schasse et al. (2018).

C 3 Innovationsverhalten der Wirtschaft

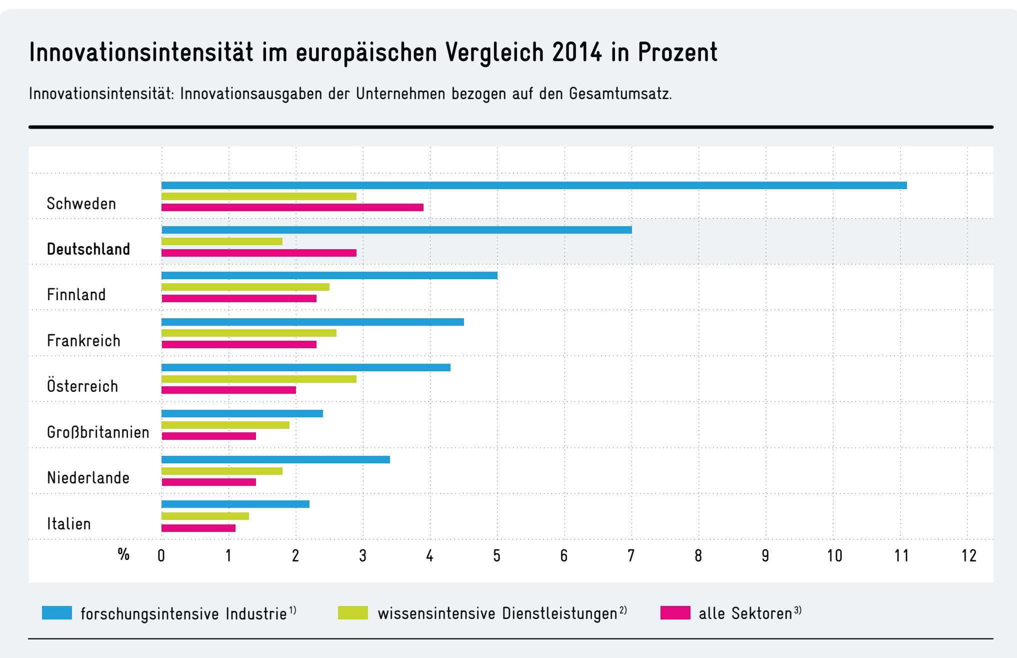
Die alle zwei Jahre durchgeführte europaweite Innovationserhebung Community Innovation Surveys (CIS) bildet die Datengrundlage für den internationalen Vergleich des Innovationsverhaltens der Unternehmen (C 3-1).[390] Die CIS werden von allen Mitgliedsstaaten der EU sowie von einigen anderen europäischen Ländern auf einer harmonisierten methodologischen Grundlage und unter Koordination von Eurostat durchgeführt. Die CIS basieren auf einem weitgehend einheitlichen Fragebogen und richten sich an Unternehmen mit zehn oder mehr Beschäftigten in der produzierenden Industrie und in ausgewählten Dienstleistungssektoren.

Die aktuelle Auswertung bezieht sich auf 2014 (CIS 2014). In dem Jahr betrug die Innovationsintensität der forschungsintensiven Industrie in Deutschland 7,0 Prozent. Sie lag damit über den Quoten der meisten Vergleichsländer. Allerdings wies Schweden mit 11,1 Prozent in der forschungsintensiven Industrie eine deutlich höhere Innovationsintensität auf.

Die in den Grafiken C 3-2 und C 3-3 dargestellten Daten zum Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft beruhen auf der seit 1993 jährlich durchgeführten Innovationserhebung des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), dem Mannheimer Innovationspanel (MIP).[391] Daten aus dem MIP stellen den deutschen Beitrag zu den CIS dar. Das Panel umfasst aber über die an Eurostat zu meldenden Daten hinaus auch Daten für Unternehmen mit fünf bis neun Beschäftigten. Die Innovationsintensität (C 3-2) der FuE-intensiven Industrie betrug nach dieser Abgrenzung im Jahr 2016 8,8 Prozent und stieg damit nach einem Rückgang im Jahr 2014 zum zweiten Mal in Folge leicht an. In der sonstigen Industrie lag die Quote 2016 bei 1,4 Prozent und blieb so auf dem Niveau der Vorjahre. In den wissensintensiven Dienstleistungen (ohne Finanzdienstleistungen) sank die Innovationsintensität im Jahr 2016 um 0,3 Prozentpunkte auf 4,8 Prozent. In den Finanzdienstleistungen betrug die Quote im Jahr 2016 wie im Jahr zuvor 0,7 Prozent. Die gleiche Innovationsintensität wurde in den sonstigen Dienstleistungen erreicht. Während der Anteil des Umsatzes mit neuen Produkten (C 3-3) 2016 in der FuE-intensiven Industrie gegenüber dem Vorjahr leicht anstieg (von 33,9 auf 34,3 Prozent), sank er in der sonstigen Industrie relativ deutlich (von 8,2 auf 6,5 Prozent). In den wissensintensiven Dienstleistungen war eine leichte Erhöhung (von 10,1 auf 10,2 Prozent) und in den sonstigen Dienstleistungen eine relativ starke Erhöhung der Quote (von 4,8 auf 6,7 Prozent) zu verzeichnen.

Ein wichtiger Aspekt bei der Kommerzialisierung innovativer Technologien ist die Normung und Standardisierung. Auf internationaler Ebene werden Normen und Standards in den Komitees der International Organization for Standardization (ISO) entwickelt. Durch das Engagement in diesen Komitees kann ein Land maßgeblich Einfluss auf die globalen technischen Infrastrukturen nehmen (C 3-4).[392] Deutsche Unternehmen bringen sich in die Arbeit der ISO deutlich häufiger ein als Vertreter anderer Länder.[393] Den größten Zuwachs verzeichnet China mit mehr als einer Verdreifachung der Zahl der von chinesischen Vertretern geführten ISO-Sekretariate.

Abb C 3-1

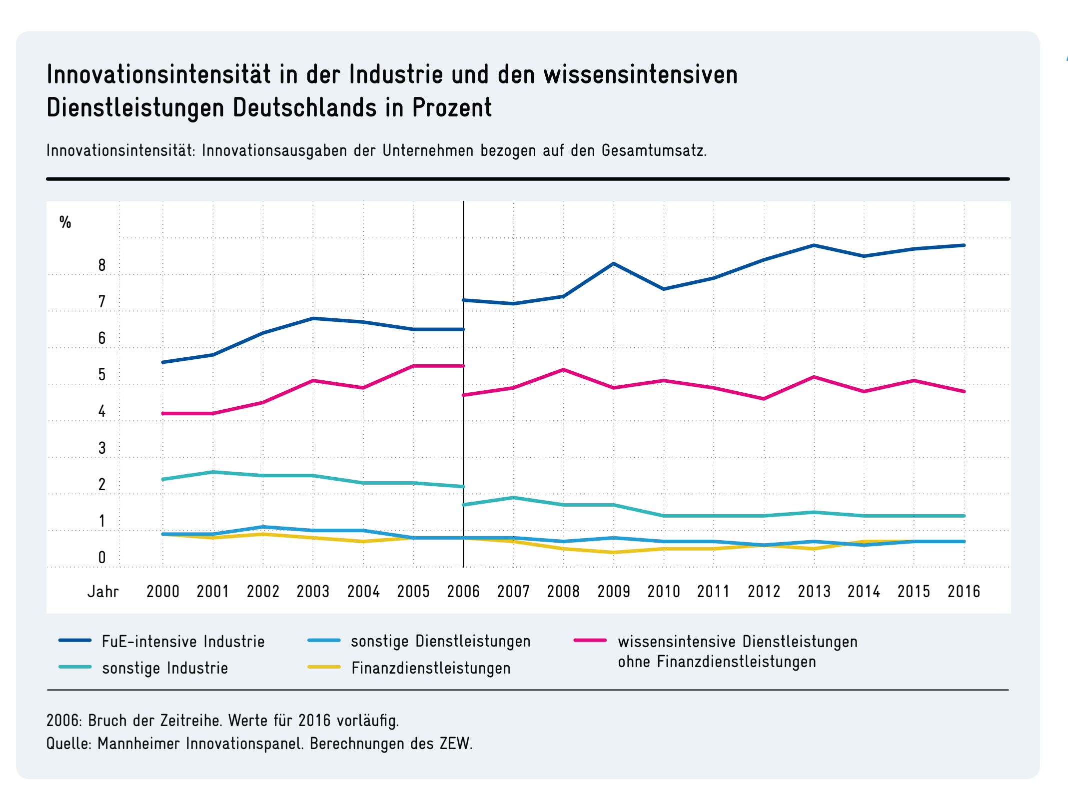


Innovationsintensität im europäischen Vergleich 2014 in Prozent

Innovationsintensität: Innovationsausgaben der Unternehmen bezogen auf den Gesamtumsatz.

[1] Forschungsintensive Industrie: WZ 19–22, 25–30. Da nicht für alle Länder Daten für alle Wirtschaftszweige zur Verfügung stehen, weicht beim europäischen Vergleich die Abgrenzung der forschungsintensiven Industrie von der sonst von der EFI verwendeten Definition ab.
[2] Wissensintensive Dienstleistungen: WZ 58–66, 71–73. Da nicht für alle Länder Daten für alle Wirtschaftszweige zur Verfügung stehen, weicht beim europäischen Vergleich die Abgrenzung der wissensintensiven Dienstleistungen von der sonst von der EFI verwendeten Definition ab.
[3] Alle Sektoren: WZ 5–39, 46, 49–53, 58–66, 71–73.
Quelle: Eurostat, Community Innovation Surveys 2014. Berechnungen des ZEW.

Abb C 3-2

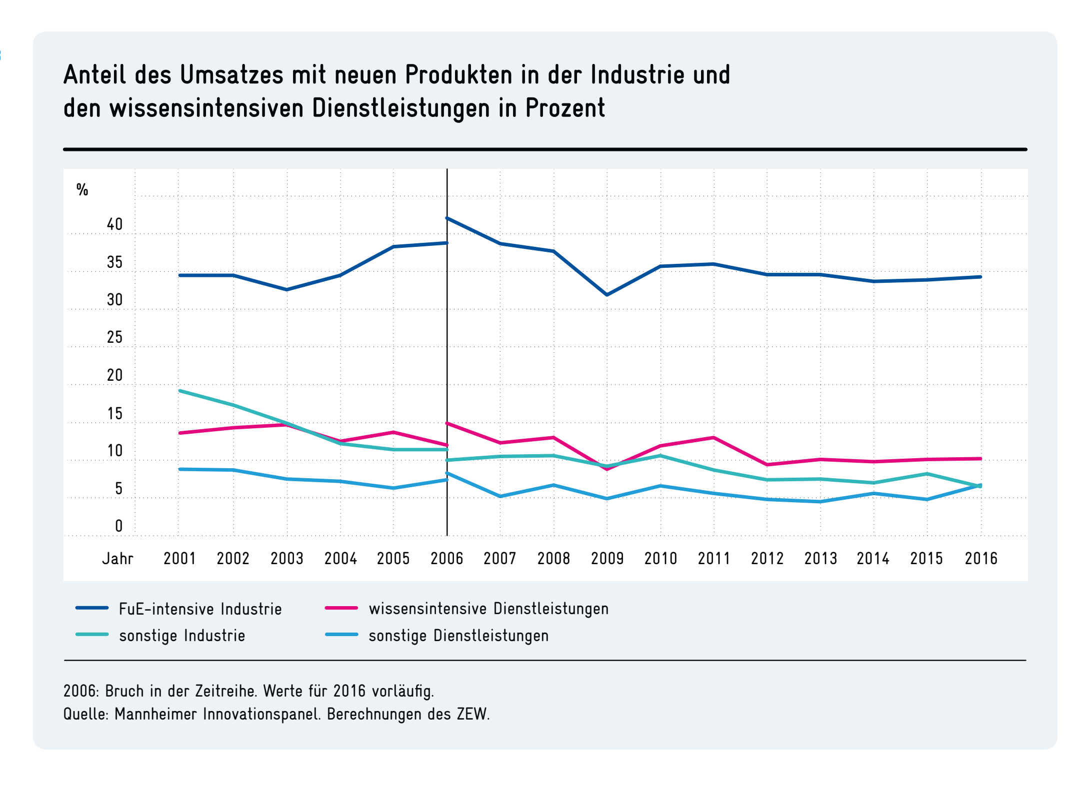


Innovationsintensität in der Industrie und den wissensintensiven Dienstleistungen Deutschlands in Prozent

Innovationsintensität: Innovationsausgaben der Unternehmen bezogen auf den Gesamtumsatz.

2006: Bruch der Zeitreihe. Werte für 2016 vorläufig.
Quelle: Mannheimer Innovationspanel. Berechnungen des ZEW.

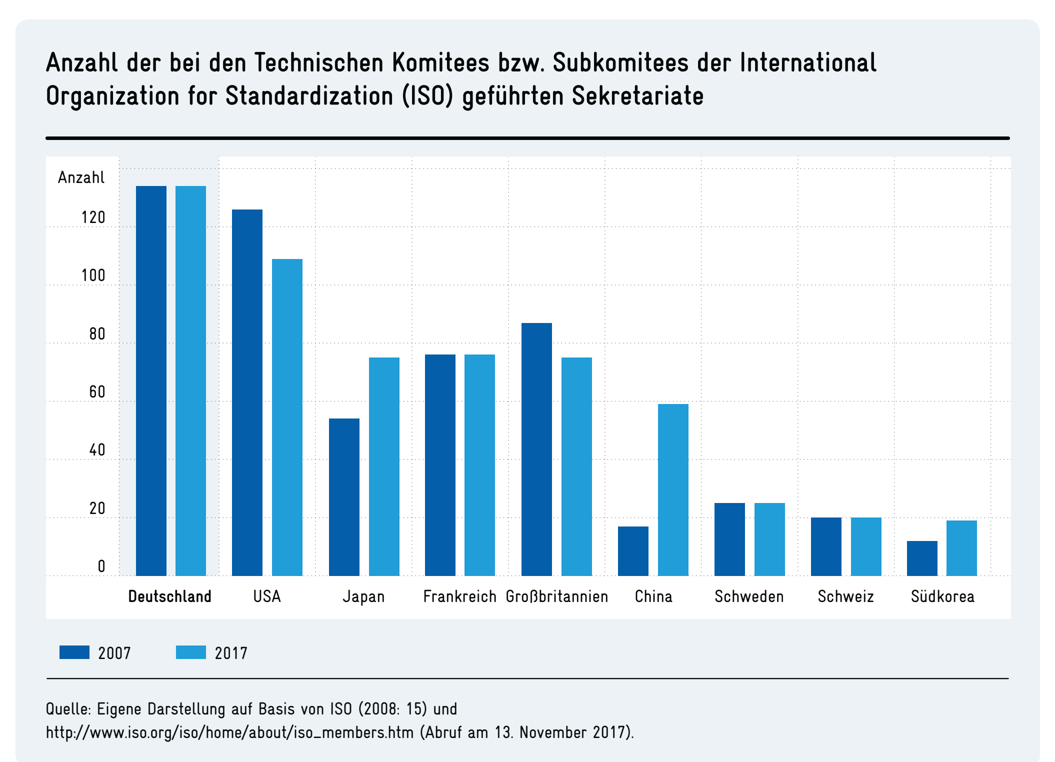
Abb C 3-3



Anteil des Umsatzes mit neuen Produkten in der Industrie und den wissensintensiven Dienstleistungen in Prozent

2006: Bruch in der Zeitreihe. Werte für 2016 vorläufig.
Quelle: Mannheimer Innovationspanel. Berechnungen des ZEW.

Abb C 3-4



Anzahl der bei den Technischen Komitees bzw. Subkomitees der International Organization for Standardization (ISO) geführten Sekretariate

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von ISO (2008: 15) und
http://www.iso.org/iso/home/about/iso_members.htm (Abruf am 13. November 2017).

Finanzierung von Forschung und Innovation[394]

C 4

Die öffentliche Finanzierung von Forschung und Entwicklung (FuE) im Wirtschaftssektor kann über eine direkte FuE-Förderung (Projektförderung) oder eine indirekte FuE-Förderung (insbesondere steuerliche FuE-Förderung) erfolgen. Abbildung C 4-1 zeigt den Anteil der direkten und indirekten FuE-Förderung am Bruttoinlandsprodukt in ausgewählten Ländern. Das Instrument der steuerlichen FuE-Förderung steht Unternehmen in den meisten der aufgeführten Länder zur Verfügung, Deutschland macht bislang von dieser Förderungsmöglichkeit allerdings keinen Gebrauch.

Sowohl in der Gründungs- als auch in der Wachstumsphase stellt die Finanzierung für viele innovative Unternehmen eine zentrale Herausforderung dar.[395] Junge, innovative Unternehmen können sich häufig nur dann erfolgreich am Markt etablieren, wenn sich in der Gründungs- und Aufbauphase private Investierende mit Wagniskapital beteiligen.

Abbildung C 4-2 gibt einen Überblick über den Anteil der Wagniskapitalinvestitionen am nationalen Bruttoinlandsprodukt ausgewählter europäischer Länder. Für den Vergleich werden Daten von Invest Europe, vormals European Private Equity and Venture Capital Association (EVCA), herangezogen, die aufgrund der harmonisierten Erfassung und Aufbereitung eine gute internationale Vergleichbarkeit ermöglichen.[396] Deutschland nimmt dabei im europäischen Vergleich nur eine Position im Mittelfeld ein. Die höchsten Wagniskapitalinvestitionen verzeichneten im Jahr 2016 Finnland und Schweden. In Deutschland stieg 2016 der Anteil der Wagniskapitalinvestitionen am BIP im Vergleich zum Vorjahr nur leicht an.

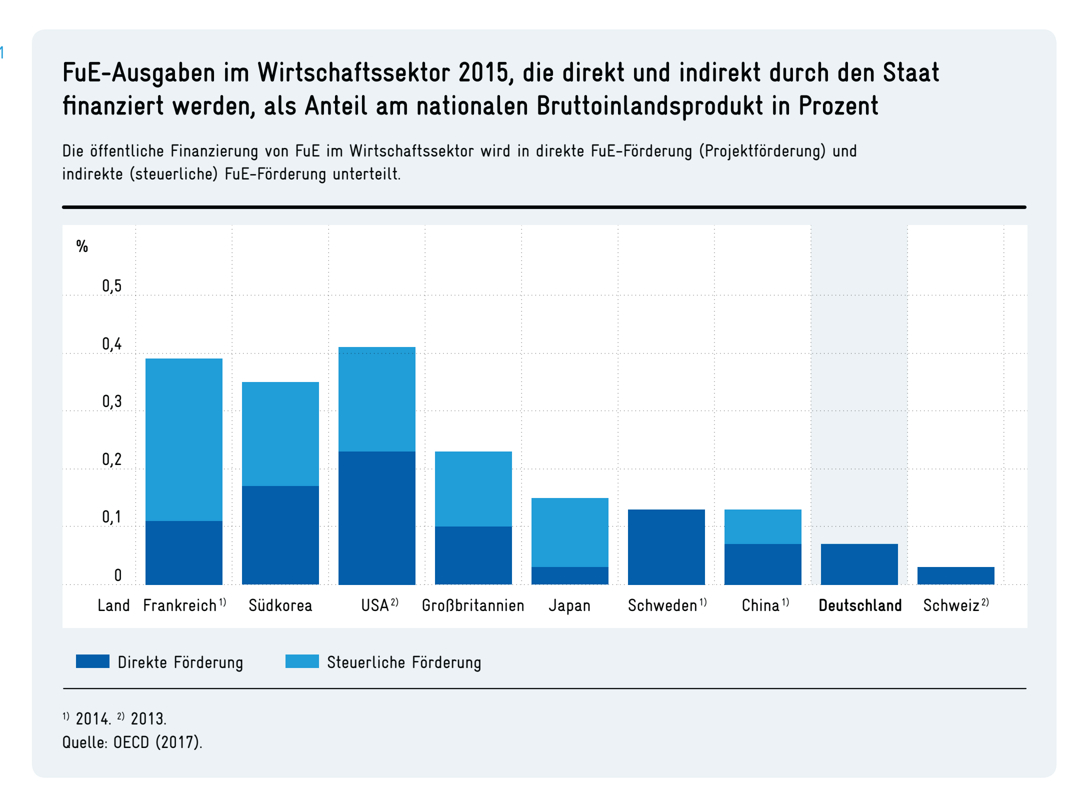
Da bei den Invest-Europe-Daten nur Wagniskapitalinvestitionen der im Verband organisierten Unternehmen erfasst werden, besteht die Gefahr, das Volumen zu unterschätzen.[397] Für die Analyse der Wagniskapitalinvestitionen in Deutschland werden daher neben den Invest-Europe-Daten erstmals Daten aus Transaktionsdatenbanken[398] verwendet. Deren Vorteil besteht darin, dass die Beobachtungseinheit die einzelne Transaktion ist, wodurch die Wahrscheinlichkeit erhöht wird, dass auch Co-Investitionen von untypischen Marktteilnehmern[399] und außereuropäischen Investoren erfasst werden.

Abbildung C 4-3 liefert einen Überblick über die Entwicklung der Wagniskapitalinvestitionen in Deutschland. Bei Betrachtung der Invest-Europe-Daten ist ein leichter Anstieg der Wagniskapitalinvestitionen im Vergleich zum Vorjahr zu verzeichnen. Zieht man die Transaktionsdaten zur Beobachtung der Wagniskapitalinvestitionen heran, ist im Zeitraum 2007 bis 2016 ein erheblicher Anstieg zu erkennen. Unter Verwendung dieser Daten kommt es zu einer deutlichen Veränderung der Struktur der Wagniskapitalinvestitionen. Allerdings würde eine solche Veränderung vermutlich auch für andere Länder festzustellen sein. Die erweiterte Datenbasis lässt also keine Rückschlüsse darüber zu, ob die im internationalen Vergleich schwache Position Deutschlands bei der Verfügbarkeit von Wagniskapital inzwischen relativ zu anderen Ländern verbessert werden konnte.

Abb C 4-1

FuE-Ausgaben im Wirtschaftssektor 2015, die direkt und indirekt durch den Staat finanziert werden, als Anteil am nationalen Bruttoinlandsprodukt in Prozent

Die öffentliche Finanzierung von FuE im Wirtschaftssektor wird in direkte FuE-Förderung (Projektförderung) und indirekte (steuerliche) FuE-Förderung unterteilt.

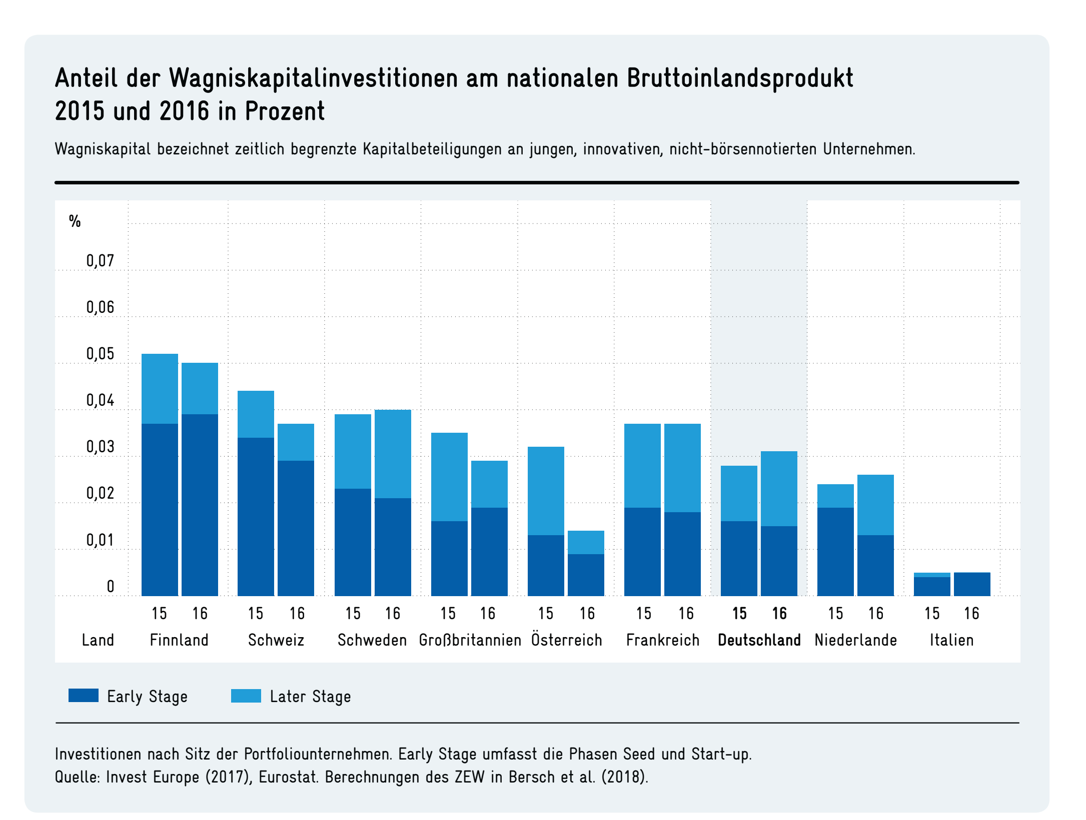


1) 2014. 2) 2013.
Quelle: OECD (2017).

Abb C 4-2

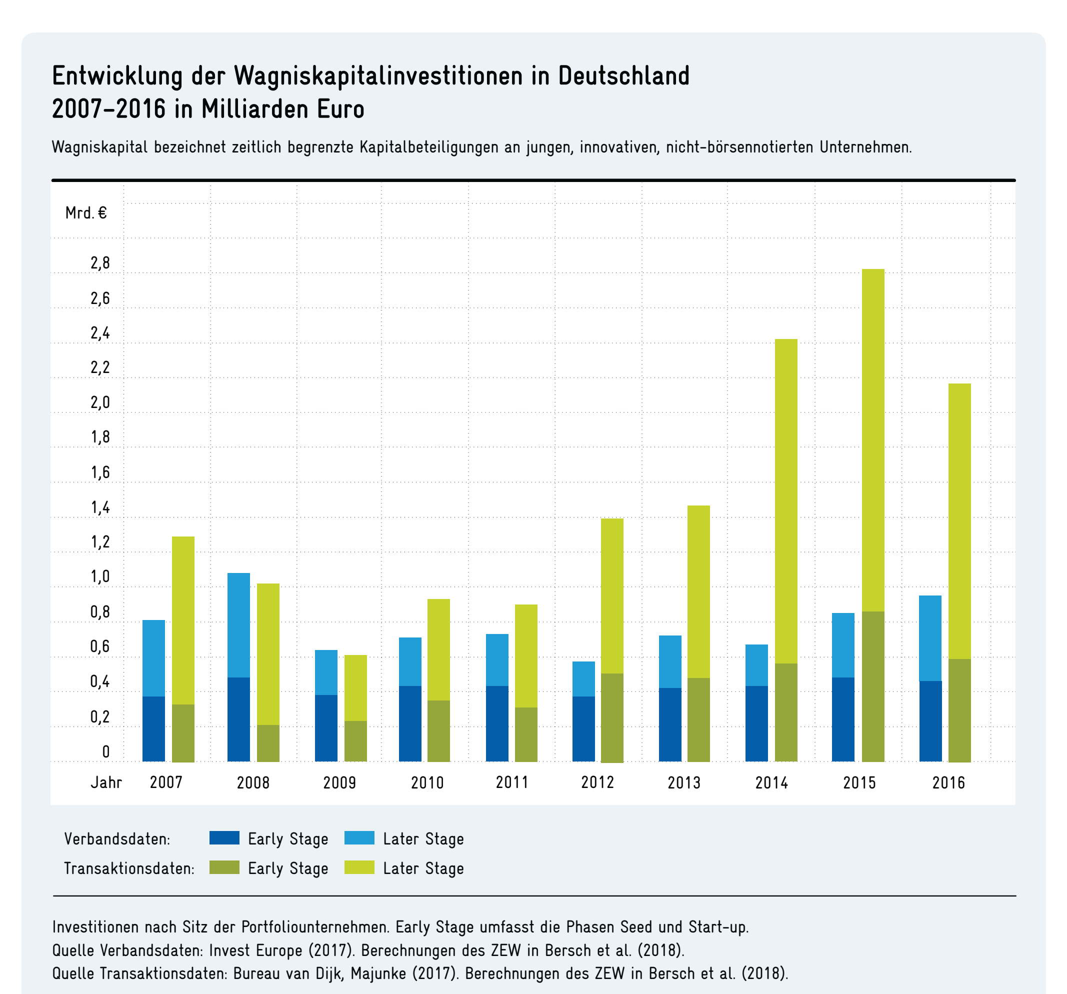
Anteil der Wagniskapitalinvestitionen am nationalen Bruttoinlandsprodukt 2015 und 2016 in Prozent

Wagniskapital bezeichnet zeitlich begrenzte Kapitalbeteiligungen an jungen, innovativen, nicht-börsennotierten Unternehmen.



Investitionen nach Sitz der Portfoliounternehmen. Early Stage umfasst die Phasen Seed und Start-up.
Quelle: Invest Europe (2017), Eurostat. Berechnungen des ZEW in Bersch et al. (2018).

Abb C 4-3



Investitionen nach Sitz der Portfoliounternehmen. Early Stage umfasst die Phasen Seed und Start-up.
Quelle Verbandsdaten: Invest Europe (2017). Berechnungen des ZEW in Bersch et al. (2018).
Quelle Transaktionsdaten: Bureau van Dijk, Majunke (2017). Berechnungen des ZEW in Bersch et al. (2018).

C 5 Unternehmensgründungen[400]

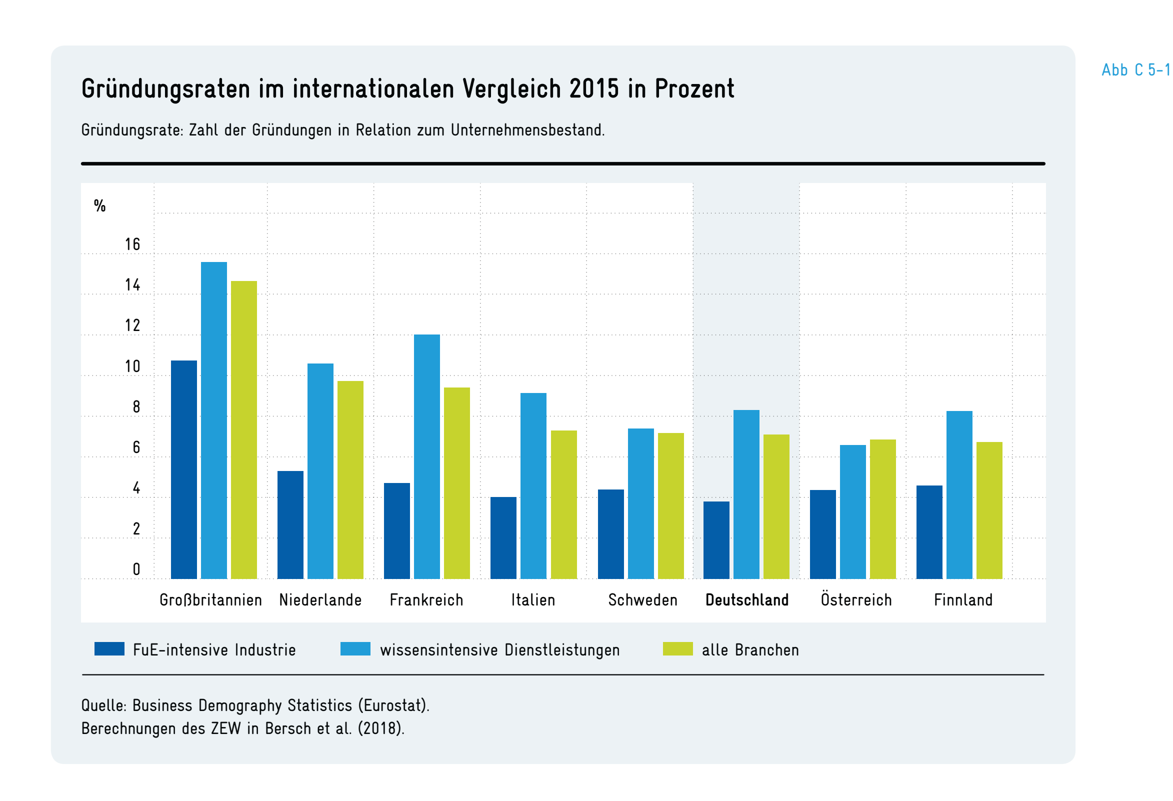
Ein internationaler Vergleich der Gründungsraten, also der Zahl der Gründungen im Verhältnis zum Gesamtbestand der Unternehmen, ist nur auf europäischer Ebene möglich.[401] Hierzu werden die Business Demography Statistics von Eurostat herangezogen (vgl. C 5-1), die einen Teilbereich der Strukturellen Unternehmensstatistik (SUS) der Europäischen Union darstellen. Diese amtliche Datenbank basiert auf Auswertungen der Unternehmensregister in den einzelnen Mitgliedsstaaten. Die Werte für Deutschland stammen aus der Unternehmensdemografiestatistik des Statistischen Bundesamts, die eine Auswertung des Unternehmensregisters darstellt.[402] Im Jahr 2015 betrug die Gründungsrate in Deutschland 7,1 Prozent und lag damit deutlich unter den Gründungsraten in Großbritannien (14,7 Prozent), den Niederlanden (9,7 Prozent) und Frankreich (9,4 Prozent).[403] Auch bei den wissensintensiven Dienstleistungen konnte Deutschland mit einer Gründungsrate von 8,3 Prozent keine Spitzenposition erreichen. In der FuE-intensiven Industrie wies Deutschland mit 3,8 Prozent die niedrigste Gründungsrate der hier betrachteten Länder auf.

Grundlage der in den Grafiken C 5-2 bis C 5-4 dargestellten Ergebnisse zur Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft ist eine vom Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) durchgeführte Auswertung des Mannheimer Unternehmenspanels (MUP). Das MUP ist ein Paneldatensatz des ZEW zu Unternehmen in Deutschland, der in Kooperation mit Creditreform, der größten deutschen Kreditauskunftei, erstellt wird. Der im MUP verwendete Unternehmensbegriff umfasst ausschließlich wirtschaftsaktive Unternehmen; als Unternehmensgründungen gelten nur originäre Neugründungen.[404] Die in Abbildung C 5-2 dargestellte Gründungsrate wird demnach auf einer anderen Datenbasis berechnet als bei den Business Demography Statistics, sodass hier kein direkter Vergleich möglich ist.[405] Gemäß den Daten des MUP betrug im Jahr 2016 die Gründungsrate in der Wissenswirtschaft 4,6 Prozent und war damit um 2,4 Prozentpunkte niedriger als zehn Jahre zuvor (C 5-2).[406] Innerhalb der Wissenswirtschaft wies der Bereich EDV/Telekommunikation wie in den Jahren zuvor die höchste Gründungsrate auf – sie lag im Jahr 2016 bei 6,0 Prozent.

Die Schließungsrate in der Wissenswirtschaft lag 2016 bei 4,3 Prozent und ist damit gegenüber 2015 um rund 0,8 Prozentpunkte gesunken (C 5-3).[407] In allen betrachteten Bereichen der Wissenswirtschaft war die Quote am aktuellen Rand geringer als im vorangegangenen Jahr.

Der Vergleich der Bundesländer offenbart erhebliche Unterschiede bei den Gründungsraten innerhalb Deutschlands (C 5-4).[408] Berlin wies sowohl über alle Branchen gesehen (7,4 Prozent) als auch in der FuE-intensiven Industrie (5,6 Prozent) und in den wissensintensiven Dienstleistungen (7,1 Prozent) die höchsten Gründungsraten aller Bundesländer auf. Die niedrigsten Gründungsraten wiesen über alle Branchen gesehen die ostdeutschen Flächenländer auf. In Thüringen betrug sie 3,5 Prozent, in Sachsen 3,8 Prozent, in Sachsen-Anhalt 4,0 Prozent, in Brandenburg 4,1 Prozent und in Mecklenburg-Vorpommern 4,6 Prozent.

Abb C 5-1



Quelle: Business Demography Statistics (Eurostat).
Berechnungen des ZEW in Bersch et al. (2018).

Abb C 5-2

Gründungsraten in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2006–2016 in Prozent

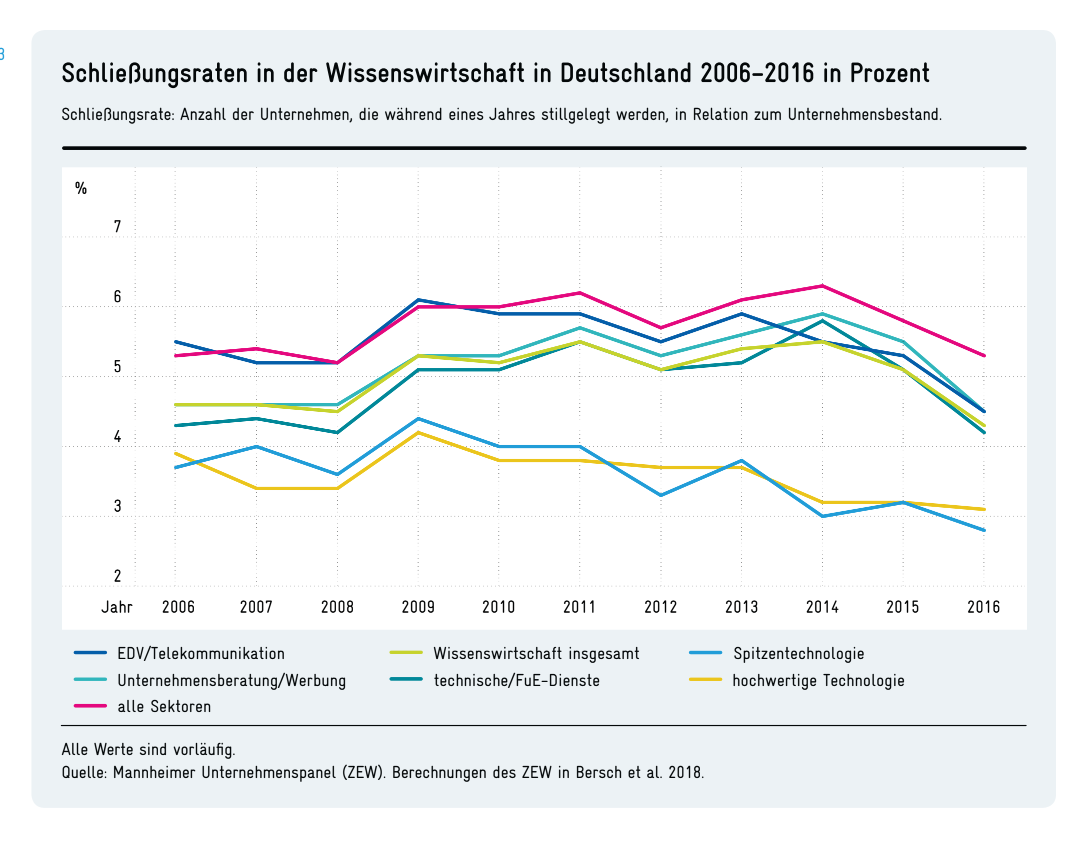
Gründungsrate: Zahl der Gründungen in Relation zum Unternehmensbestand.

%
9
8
7
6
5
4
3
2
Jahr 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016

EDV/Telekommunikation
Wissenswirtschaft insgesamt
Spitzentechnologie
Unternehmensberatung/Werbung
technische/FuE-Dienste
hochwertige Technologie
alle Sektoren

Alle Werte sind vorläufig.
Quelle: Mannheimer Unternehmenspanel (ZEW). Berechnungen des ZEW in Bersch et al. (2018).

Abb C 5-3

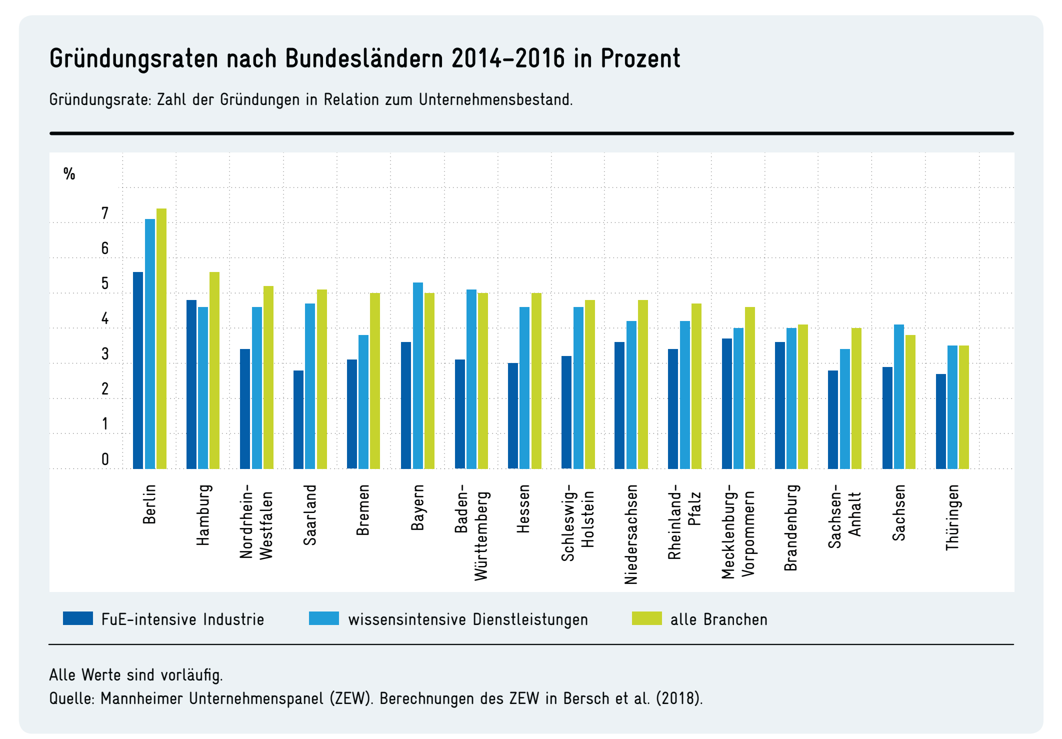


Schließungsraten in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2006–2016 in Prozent

Schließungsrate: Anzahl der Unternehmen, die während eines Jahres stillgelegt werden, in Relation zum Unternehmensbestand.

Alle Werte sind vorläufig.
Quelle: Mannheimer Unternehmenspanel (ZEW). Berechnungen des ZEW in Bersch et al. 2018.


Abb C 5-4



Gründungsraten nach Bundesländern 2014–2016 in Prozent

Gründungsrate: Zahl der Gründungen in Relation zum Unternehmensbestand.

Alle Werte sind vorläufig.
Quelle: Mannheimer Unternehmenspanel (ZEW). Berechnungen des ZEW in Bersch et al. (2018).

Patente[409] C 6

Seit Mitte der 2000er Jahre stagnieren die transnationalen Patentanmeldungen Deutschlands und auch anderer großer europäischer Volkswirtschaften wie Großbritanniens, Schwedens und der Schweiz (C 6-1). Demgegenüber weisen insbesondere China, Südkorea und Japan hohe Wachstumsraten auf. China hat Deutschland mittlerweile überholt und zählt nun neben Deutschland, den USA und Japan zu den vier führenden Nationen bei transnationalen Patentanmeldungen.

Während die USA im Jahr 2015 bei den absoluten Anmeldungen führend sind, belegen sie hinsichtlich der Patentintensität (Patentanmeldungen pro Million Erwerbstätige) keinen der vorderen Ränge (C 6-2). Hier stehen die Schweiz, Schweden und Japan an der Spitze, gefolgt von Finnland, Deutschland und Südkorea. Patente sind ein wichtiges Instrument zur Sicherung von Marktanteilen im Rahmen des internationalen Technologiehandels. Eine hohe Patentintensität zeugt daher sowohl von einer starken internationalen Ausrichtung als auch von einer ausgeprägten Exportfokussierung der jeweiligen Volkswirtschaft.

Weitere Rückschlüsse auf die technologische Leistungsfähigkeit eines Landes lassen sich aus den Patentaktivitäten im Bereich der FuE-intensiven Technologien ziehen. Dieser Bereich umfasst Industriebranchen, die mehr als 3 Prozent ihres Umsatzes in FuE investieren (FuE-Intensität). Die FuE-intensive Technologie umfasst die Bereiche der hochwertigen Technologie (FuE-Intensität zwischen 3 und 9 Prozent) sowie der Spitzentechnologie (FuE-Intensität über 9 Prozent).

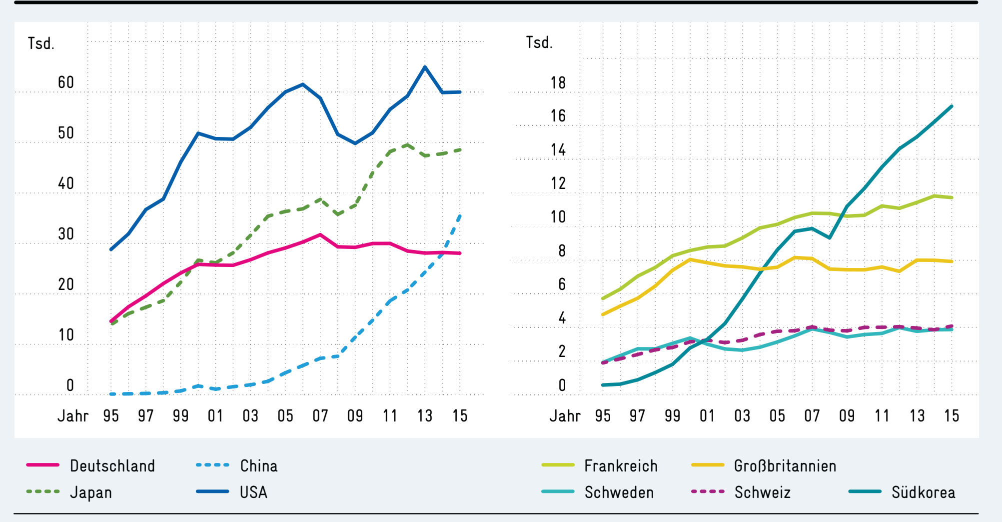
Im internationalen Vergleich wird eine starke Spezialisierung Deutschlands auf hochwertige Technologie deutlich (C 6-3), was durch seine traditionellen Stärken in der Automobilindustrie, dem Maschinenbau und der chemischen Industrie begründet ist. Lediglich Japan verzeichnet eine leicht höhere Spezialisierung in diesem Bereich.

Dagegen sind China, Schweden, Südkorea und die USA auf den Bereich der Spitzentechnologie spezialisiert (C 6-4).

Abb C 6-1

Zeitliche Entwicklung der Anzahl der transnationalen Patentanmeldungen in ausgewählten Ländern

Die transnationalen Patentanmeldungen umfassen Anmeldungen in Patentfamilien mit mindestens einer Anmeldung bei der World Intellectual Property Organization (WIPO) über das PCT-Verfahren oder einer Anmeldung am Europäischen Patentamt.



Quelle: EPA (PATSTAT). Berechnungen des Fraunhofer ISI in Neuhäusler et al. (2018).

Tab C 6-2

Absolute Zahl, Intensität und Wachstumsraten transnationaler Patentanmeldungen im Bereich der FuE-intensiven Technologie für 2015

Der Industriesektor der FuE-intensiven Technologie umfasst Industriebranchen, die mehr als 3 Prozent ihres Umsatzes in Forschung und Entwicklung investieren. Die Intensität ist die Anzahl der Patente pro eine Million Erwerbstätige.

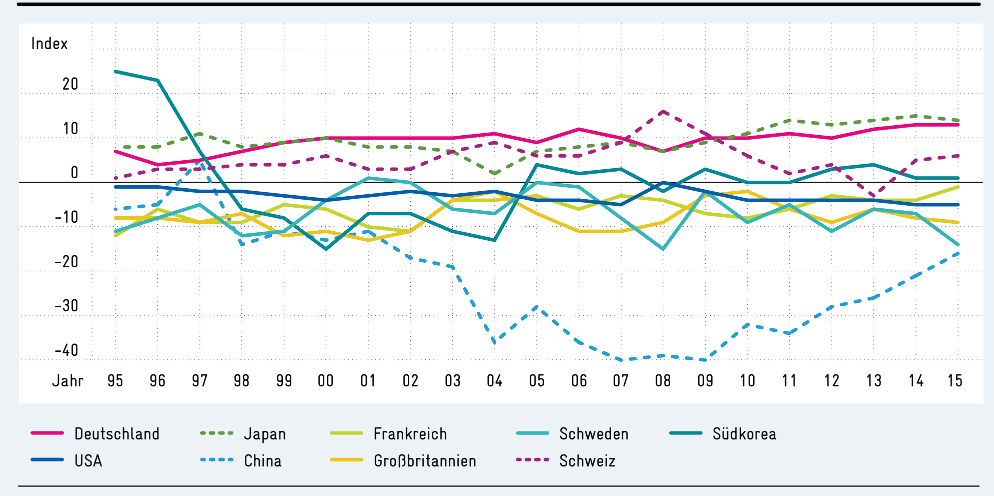
	absolut [1]	Intensitäten [1]	Intensitäten FuE-intensive Technologie	Wachstum (2005 = 100) [1]	Wachstum FuE-intensive Technologie (2005 = 100)
Gesamt	**260.467**	**-**	**-**	**131**	**133**
China	35.394	46	34	812	830
Deutschland	**28.042**	**701**	**401**	**96**	**98**
EU-28	75.623	342	195	107	108
Finnland	1.800	741	436	103	89
Frankreich	11.719	439	260	116	117
Großbritannien	7.922	257	150	105	104
Italien	5.644	254	124	96	96
Japan	48.529	761	467	134	128
Kanada	3.433	191	121	90	84
Niederlande	4.573	550	293	109	102
Schweden	3.873	801	559	124	138
Schweiz	4.086	823	450	108	109
Südkorea	17.151	661	430	199	190
USA	59.975	403	267	100	100

[1] Zahlen beziehen sich auf alle Industriebranchen.
Quelle: EPA (PATSTAT), OECD (MSTI), Weltbank, Berechnungen des Fraunhofer ISI in Neuhäusler et al. (2018).

Abb C 6-3

Zeitliche Entwicklung des Spezialisierungsindex ausgewählter Länder im Bereich hochwertige Technologie

Der Spezialisierungsindex wird mit Referenz auf alle weltweiten transnationalen Patentanmeldungen errechnet. Positive bzw. negative Werte geben an, ob das betrachtete Land im jeweiligen Feld im Vergleich zum Weltdurchschnitt über- bzw. unterproportional aktiv ist.

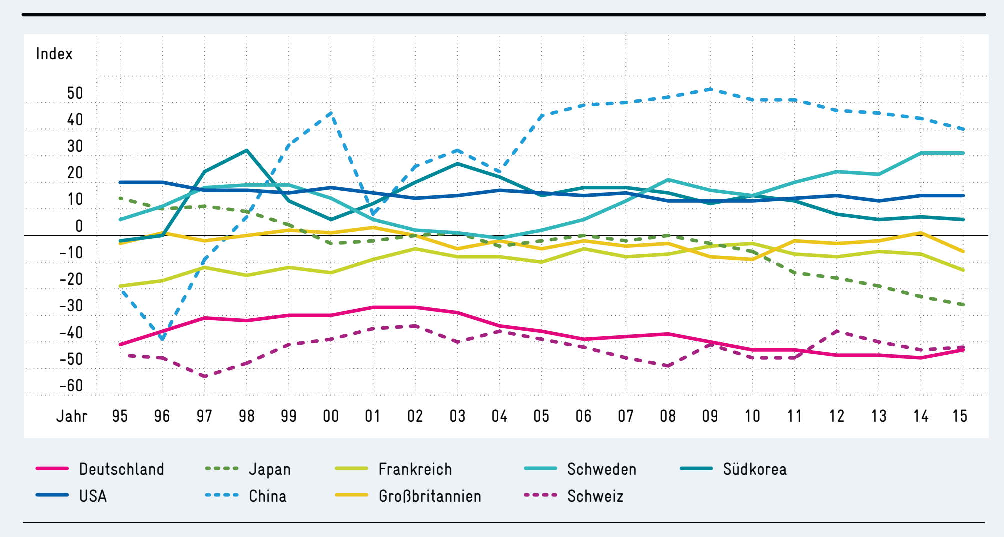


Quelle: EPA (PATSTAT). Berechnungen des Fraunhofer ISI in Neuhäusler et al. (2018).

Abb C 6-4

Zeitliche Entwicklung des Spezialisierungsindex ausgewählter Länder im Bereich Spitzentechnologie

Der Spezialisierungsindex wird mit Referenz auf alle weltweiten transnationalen Patentanmeldungen errechnet. Positive bzw. negative Werte geben an, ob das betrachtete Land im jeweiligen Feld im Vergleich zum Weltdurchschnitt über- bzw. unterproportional aktiv ist.



Quelle: EPA (PATSTAT). Berechnungen des Fraunhofer ISI in Neuhäusler et al. (2018).

C 7 Fachpublikationen[410]

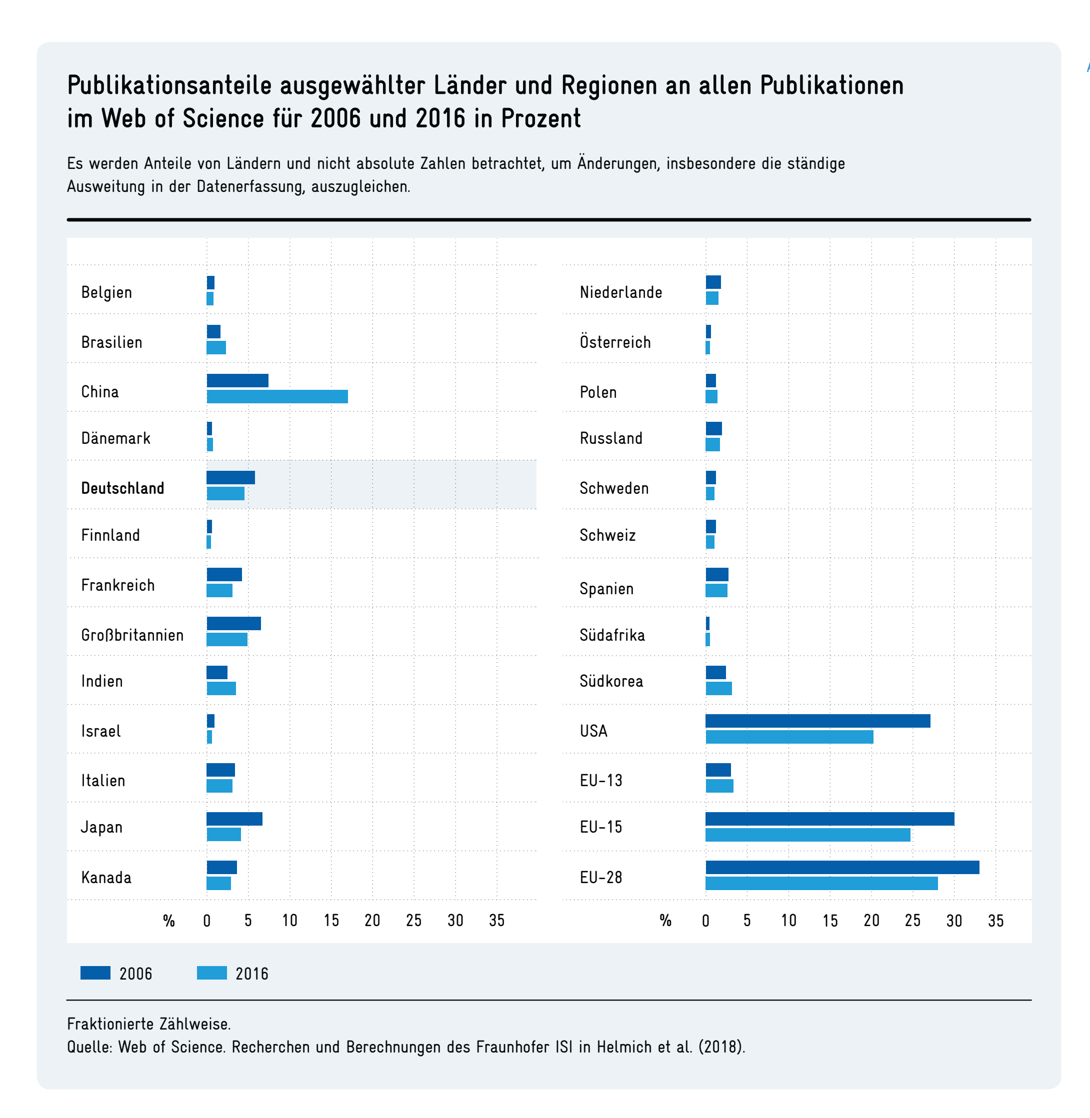
Ein Großteil neuer Technologien und Dienstleistungen basiert auf Entwicklungen und Ergebnissen aus der Wissenschaft. Bibliometrische Indikatoren und Metriken werden daher regelmäßig als Bewertungsmaßstab für wissenschaftliche Leistungen herangezogen, um die Leistungsstärke eines Forschungs- und Wissenschaftssystems in quantitativer und qualitativer Hinsicht abzuschätzen.

Die bibliometrische Datenbank Web of Science (WoS) erfasst weltweit Publikationen in wissenschaftlichen Zeitschriften und Zitationen dieser Publikationen. Die Angabe zum Ort der Forschungseinrichtung der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ermöglicht eine Zuordnung einzelner Publikationen zu Ländern. Sind an einer Publikation mehrere Autoren aus verschiedenen Ländern beteiligt, so gehen diese in fraktionierter Zählweise in die Berechnungen ein. Zur Bewertung der Leistungsstärke eines Forschungs- und Wissenschaftssystems können Indikatoren zur Quantität und Qualität von Fachpublikationen herangezogen werden.

Betrachtet man die reine Anzahl der Publikationen, so haben sich die Anteile einzelner Länder an allen WoS-Publikationen zwischen 2006 und 2016 zum Teil erheblich verändert (C 7-1). Insbesondere China konnte seinen Anteil von 7,4 Prozent auf 17,0 Prozent mehr als verdoppeln. Auch die Anteile von Südkorea, Brasilien und Indien sind in diesem Zeitraum angewachsen. Anteilsverluste verzeichneten demgegenüber vor allem die etablierten Wissenschaftssysteme der USA, Westeuropas, Israels sowie Japans. Der Anteil Deutschlands sank von 5,8 auf 4,5 Prozent. Einzelnen Ländern in Europa, wie Dänemark oder Polen, gelang es trotz der massiven Zunahme der Publikationen aus China, ihren Anteil im Zeitverlauf leicht zu erhöhen.

Veröffentlichungen in Fachzeitschriften mit internationaler Ausrichtung (IA) sind ein Indikator für die Qualität von Fachpublikationen. Hier weisen im Jahr 2014 insbesondere die USA, die Niederlande und die Schweiz eine starke Position auf (C 7-2). Deutschland hat gemäß diesem Qualitätsindikator seit 2006 Länder wie Israel, Kanada oder Schweden überholt und zu Großbritannien aufgeschlossen, die Spitzengruppe jedoch noch nicht ganz erreicht. Demgegenüber scheinen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den USA seit dem Jahr 2006 im relativen Vergleich nicht nur quantitativ (siehe oben), sondern auch qualitativ an Boden verloren zu haben. Den meisten BRICS-Staaten – mit Ausnahme von Brasilien – gelang es im Zeitverlauf, ihre Position im Index zu verbessern; sie liegen aber weiterhin deutlich unter dem Durchschnitt. Die zeitschriftenspezifische Betrachtung (ZB) zeigt, dass im Jahr 2014 Veröffentlichungen aus der Schweiz, den USA, Dänemark, China und Großbritannien im internationalen Vergleich besonders häufig in wissenschaftlichen Zeitschriften zitiert wurden (C 7-3). Deutschland fällt hinter diese Gruppe zurück und hat sich seit dem Jahr 2006 verschlechtert. Die BRICS-Staaten hingegen verbesserten sich, oder, wie im Fall Russlands, stagnierten.

Abb C 7-1



Publikationsanteile ausgewählter Länder und Regionen an allen Publikationen im Web of Science für 2006 und 2016 in Prozent

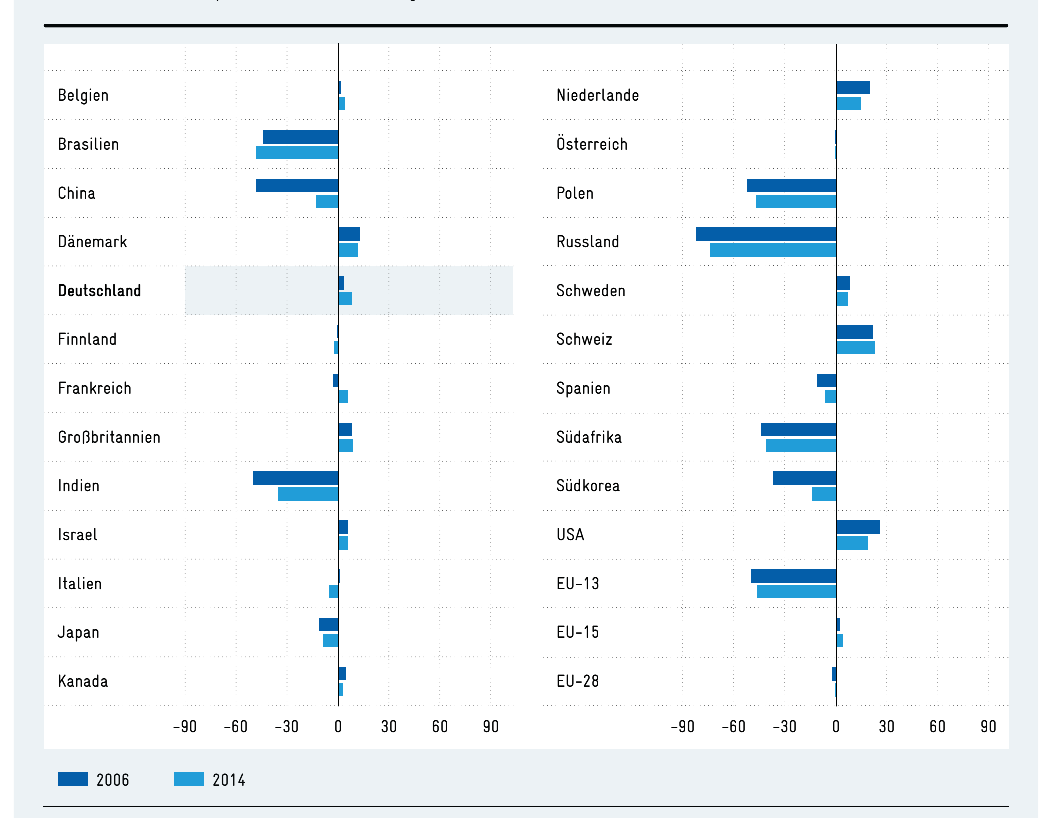
Es werden Anteile von Ländern und nicht absolute Zahlen betrachtet, um Änderungen, insbesondere die ständige Ausweitung in der Datenerfassung, auszugleichen.

Fraktionierte Zählweise.
Quelle: Web of Science. Recherchen und Berechnungen des Fraunhofer ISI in Helmich et al. (2018).

Abb C 7-2

Internationale Ausrichtung (IA) ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen im Web of Science für 2006 und 2014 (Indexwerte)

Der IA-Index zeigt an, ob Autoren eines Landes in Relation zum Weltdurchschnitt in international beachteten oder aber weniger beachteten Zeitschriften publizieren. Positive bzw. negative Werte weisen auf eine über- bzw. unterdurchschnittliche IA hin.

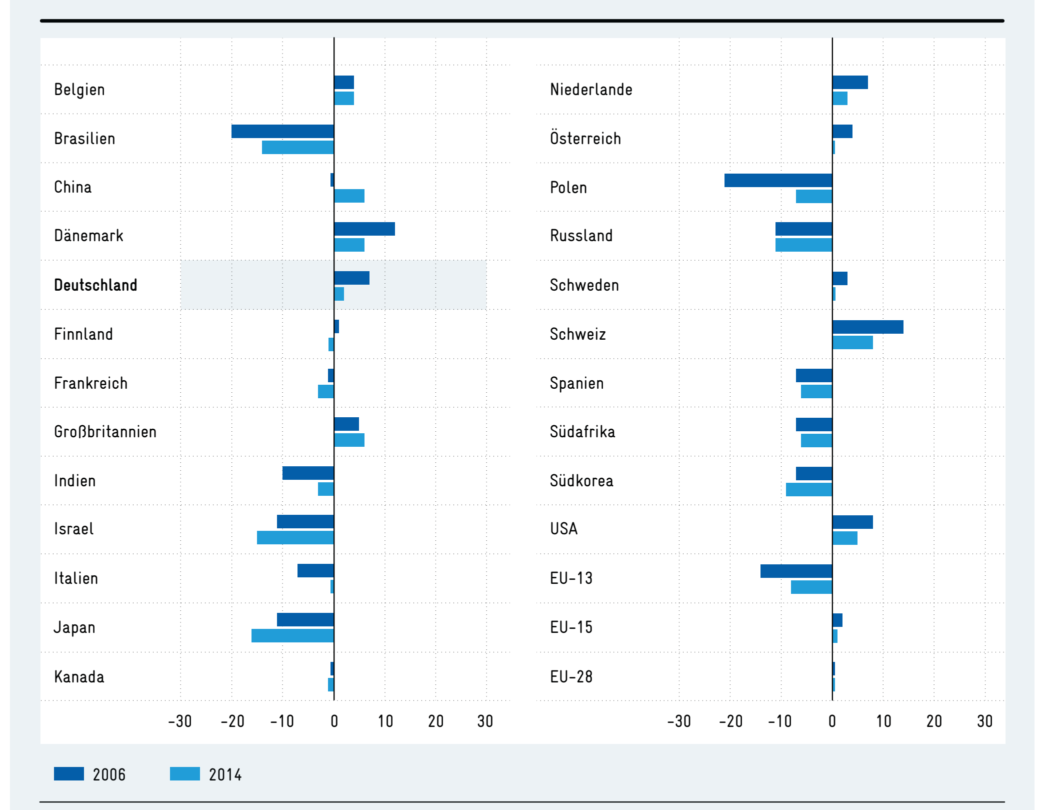


Fraktionierte Zählweise.
Quelle: Web of Science. Recherchen und Berechnungen des Fraunhofer ISI in Helmich et al. (2018).

Abb C 7-3

Zeitschriftenspezifische Beachtung (ZB) ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen im Web of Science für 2006 und 2014 (Indexwerte)

Der ZB-Index gibt an, ob die Artikel eines Landes im Durchschnitt häufiger oder seltener zitiert werden als andere Artikel in den Zeitschriften, in denen sie erscheinen. Positive bzw. negative Werte weisen auf eine über- bzw. unterdurchschnittliche wissenschaftliche Beachtung hin. Berechnung des Index ohne Eigenzitate.



Fraktionierte Zählweise.
Quelle: Web of Science. Recherchen und Berechnungen des Fraunhofer ISI in Helmich et al. (2018).

C 8 Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung[411]

Das Spezialisierungsmuster eines Landes im Außenhandel kann mithilfe des RCA-Indikators[412] gemessen werden. Er erfasst die Export/Import-Relation einer Produktgruppe im Verhältnis zur Export/Import-Relation der verarbeiteten Industriewaren insgesamt. Wie bereits in den Vorjahren wies Deutschland auch im Jahr 2016 einen komparativen Vorteil beim Handel mit FuE-intensiven Gütern auf (C 8-1). FuE-intensive Güter setzen sich aus Gütern der hochwertigen Technologie und Gütern der Spitzentechnologie zusammen. Bei einer genaueren Analyse dieser beiden Gütergruppen zeigt sich, dass Deutschlands komparativer Vorteil nur beim Handel mit Gütern der hochwertigen Technologie positiv ist, beim Handel mit Gütern der Spitzentechnologie hingegen fällt er negativ aus, wenn auch mit einem leicht positiven Trend. Frankreich, Großbritannien, die Schweiz, Südkorea und die USA verzeichnen im Bereich Spitzentechnologie positive Werte des RCA-Indikators; Schweden, Japan und China hingegen weisen hier einen negativen RCA-Indikator auf.

Der Anteil der forschungs- und wissensintensiven Branchen an der Wertschöpfung eines Landes spiegelt deren Bedeutung wider und lässt Rückschlüsse auf die technologische Leistungsfähigkeit eines Landes zu (C 8-2). Im Bereich der hochwertigen Technologien weist Deutschland relativ zu den betrachteten Ländern den höchsten Wertschöpfungsanteil auf. Er betrug im Jahr 2015 9,0 Prozent der gesamten deutschen Wertschöpfung. Im Bereich der Spitzentechnologie liegt Deutschland mit 2,9 Prozent deutlich hinter den Spitzenreitern Schweiz (8,2 Prozent) und Südkorea (8,1 Prozent). Die wissensintensiven Dienstleistungen tragen in allen Ländern wesentlich mehr zur nationalen Wertschöpfung bei als die forschungsintensiven Industrien. Mit einem Wertschöpfungsanteil von 25,3 Prozent spielen sie in Deutschland im Vergleich zu anderen europäischen Ländern und den USA jedoch eine geringere Rolle.

Nach dem Rückgang der Bruttowertschöpfung in den verschiedenen gewerblichen Wirtschaftsbereichen im Krisenjahr 2009 ist die Wertschöpfung in Deutschland seit dem Jahr 2010 wieder gestiegen (C 8-3). Dabei fiel das Wachstum in den wissensintensiven Dienstleistungen 2015 mit 3,7 Prozent höher aus als im Vorjahr (2014: 2,9 Prozent). Bei den nicht-wissensintensiven Dienstleistungen war ein Rückgang der Wertschöpfung zu verzeichnen (5,0 Prozent versus 6,3 Prozent im Jahr 2014). Im produzierenden Gewerbe fiel die Steigerung der Wertschöpfung 2015 etwas geringer aus als 2014. Im wissensintensiven produzierenden Gewerbe lag sie 2015 bei 4,2 Prozent (2014: 5,7 Prozent), im nicht-wissensintensiven produzierenden Gewerbe bei 4,0 Prozent (2014: 4,1 Prozent).

Der Anstieg der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigung in verschiedenen gewerblichen Wirtschaftsbereichen in Deutschland zwischen 2009 und 2016 ist vor allem auf den Dienstleistungssektor zurückzuführen (C 8-4). In den nicht-wissensintensiven Dienstleistungen stieg die Beschäftigung in diesem Zeitraum um 17,3 Prozent, in den wissensintensiven Dienstleistungen um 17,2 Prozent. Im nicht-wissensintensiven produzierenden Gewerbe erhöhte sich die sozialversicherungspflichtige Beschäftigung um 4,7 Prozent, im wissensintensiven produzierenden Gewerbe um 7,9 Prozent.

Tab C 8-1

Komparative Vorteile (Revealed Comparative Advantage, RCA) ausgewählter Länder im Außenhandel mit forschungsintensiven Gütern 2005–2016

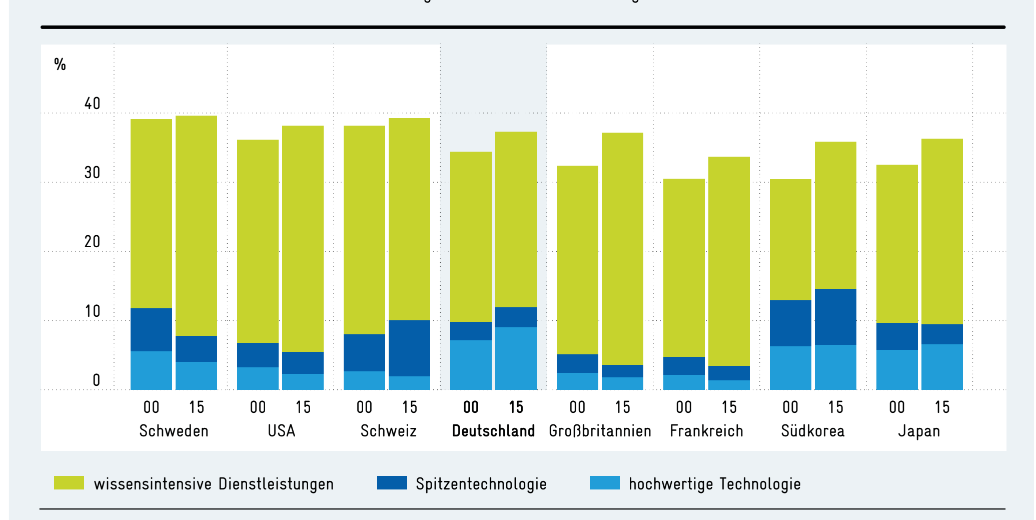
Jahr	China[1]	Deutschland	Frankreich	Großbritannien	Japan	Schweden	Schweiz	Südkorea	USA[2]
				FuE-intensive Güter					
2005	-29	**10**	7	14	42	-1	18	17	17
2010	-27	**12**	6	11	33	-6	22	19	1
2015[3]	-27	**13**	5	3	31	-5	28	13	2
2016	-32	**12**	4	17	29	-4	29	10	1
				Güter der hochwertigen Technologie					
2005	0	**27**	6	4	75	-2	24	11	-5
2010	-16	**30**	-2	15	61	-3	21	7	-10
2015[3]	-3	**27**	-6	1	63	1	21	13	-14
2016	-2	**24**	-7	16	63	1	25	10	-17
				Güter der Spitzentechnologie					
2005	-53	**-34**	8	33	-14	1	4	24	55
2010	-35	**-35**	20	1	-22	-11	25	33	22
2015[3]	-46	**-23**	21	8	-35	-22	41	12	27
2016	-55	**-20**	20	19	-41	-20	37	11	30

Positives Vorzeichen bedeutet, dass die Exp./Imp.-Relation bei dieser Produktgruppe höher ist als bei Verarbeiteten Industriewaren insgesamt.
[1] inkl. Hongkong. – [2] Daten für die USA ab 2009 auf Basis nationaler Quellen revidiert. – [3] Grunddaten teils revidiert.
Quelle: UN COMTRADE Datenbank, Recherche September 2017. – Berechnungen und Schätzungen des CWS in Gehrke und Schiersch (2018).

Abb C 8-2

Anteil der FuE-intensiven Industrien sowie der wissensintensiven Dienstleistungen an der Wertschöpfung 2000 und 2015 in Prozent

FuE-intensive Industrien weisen eine überdurchschnittliche FuE-Intensität auf, während wissensintensive Dienstleistungen durch einen überdurchschnittlichen Anteil der Beschäftigten mit Hochschulabschluss gekennzeichnet sind.

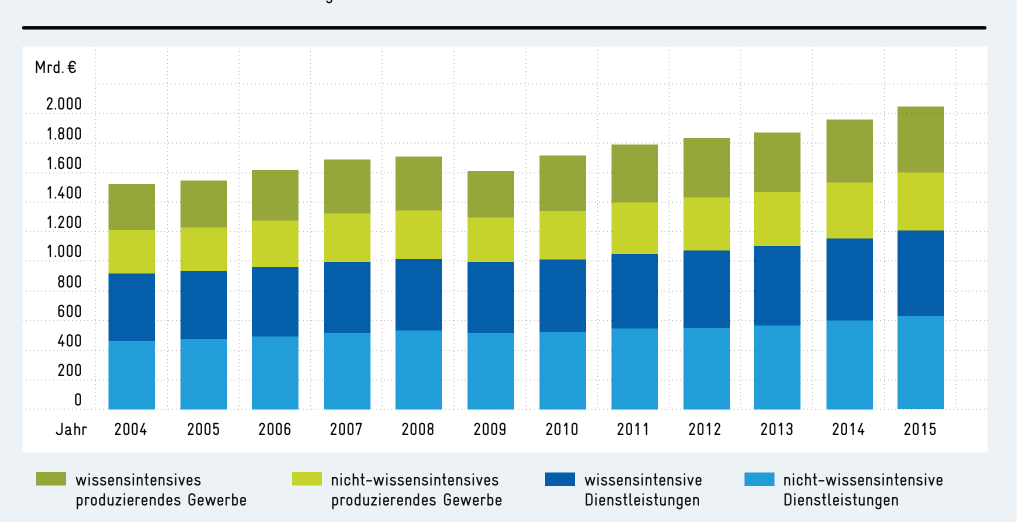


Quelle: OECD-NA (2017), OECD-STAN (2017), OECD-SBS (2017), Eurostat-NA (2017), Eurostat-SBS (2017), EU KLEMS (2017), JIP (2015). Berechnungen und Schätzungen des DIW Berlin in Gehrke und Schiersch (2018).

Abb C 8-3

Entwicklung der Bruttowertschöpfung in verschiedenen gewerblichen Wirtschaftsbereichen in Deutschland 2004–2015 in Milliarden Euro

Bruttowertschöpfung bezeichnet die Differenz zwischen dem Gesamtwert aller produzierten Waren und Dienstleistungen und der für die Produktion erbrachten Vorleistungen.

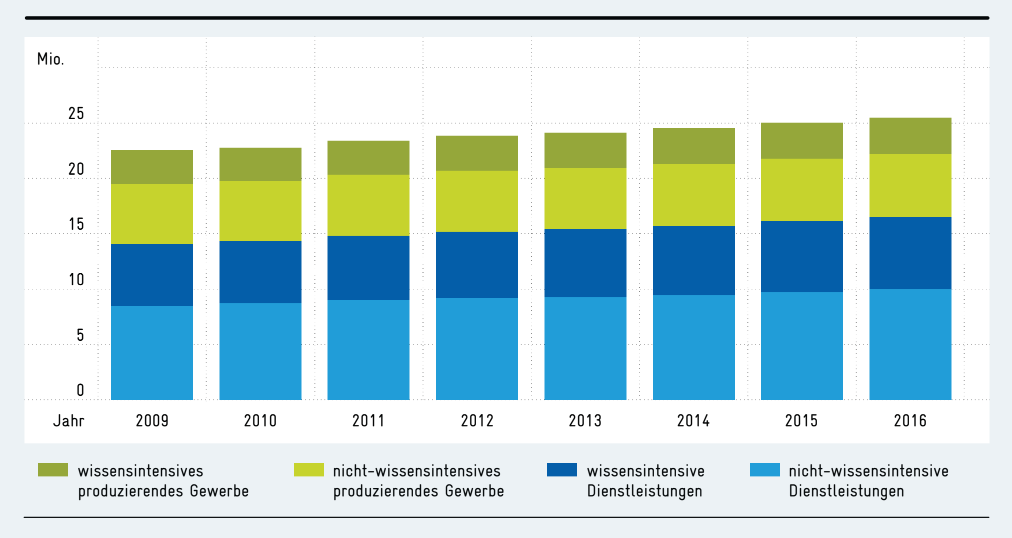


Ohne Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, öffentliche Verwaltung und Dienstleistungen, Grundstücks- und Wohnungswesen, Bildung, private Haushalte, Sozialversicherungen, religiöse und andere Vereinigungen, Verbände und Gewerkschaften.
Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 18, Reihe 1.4. Berechnungen des CWS in Gehrke und Schiersch (2018).

Abb C 8-4

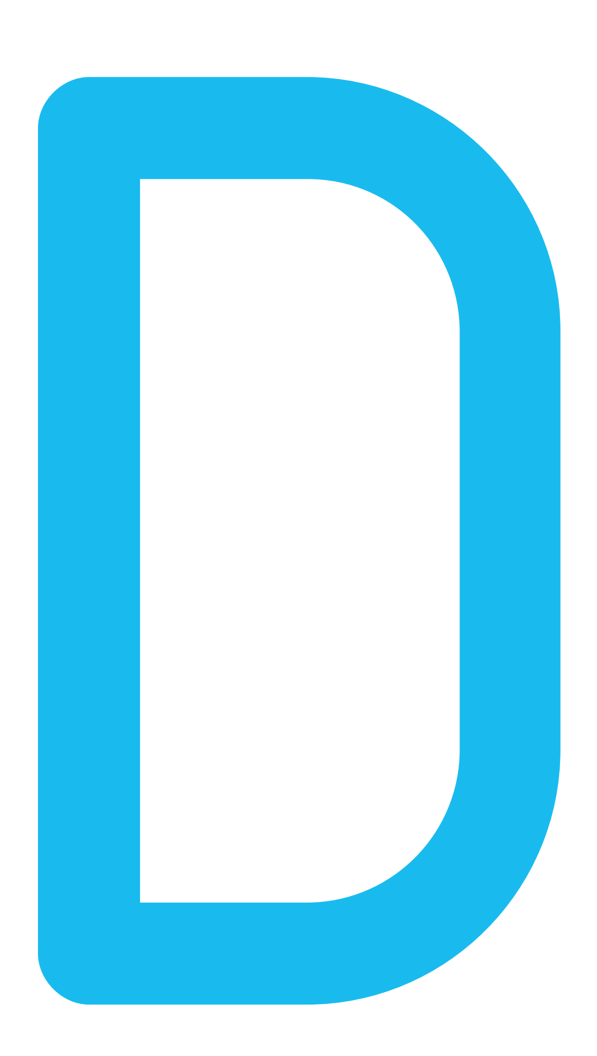
Entwicklung der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in verschiedenen gewerblichen Wirtschaftsbereichen in Deutschland 2009–2016

Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte umfassen alle Arbeitnehmer, die kranken-, renten-, pflegeversicherungspflichtig und/oder beitragspflichtig nach dem Recht der Arbeitsförderung sind oder für die Beitragsanteile zur gesetzlichen Rentenversicherung oder nach dem Recht der Arbeitsförderung zu zahlen sind.



Quelle: Bundesagentur für Arbeit. Berechnungen des CWS in Gehrke und Schiersch (2018).

VERZEICHNISSE



Inhalt

D 1 Verzeichnis der Abbildungen, Tabellen und Boxen 123

D 2 Abkürzungsverzeichnis 126

D 3 Glossar 128

D 4 Wirtschaftszweige der FuE-intensiven Industrie und der wissensintensiven gewerblichen Dienstleistungen 135

D 5 Aktuelle Studien zum deutschen Innovationssystem 137

D 6 Literaturverzeichnis 139

D 7 Endnoten 146

Verzeichnis der Abbildungen, Tabellen und Boxen

Box A 3-1 26
Rückblick 50 Jahre FHs

Abb A 3-2 27
Entwicklung der Anzahl der Professuren und der Anzahl der Studierenden an FHs/HAWs

Box A 3-3 29
Maßnahmen zur Förderung der Forschung sowie des Erkenntnis- und Technologietransfers an FHs/HAWs

Box A 4-1 32
Begriffsklärung: IT-Fachkräfte und Datenwissenschaftlerinnen bzw. -wissenschaftler

Box A 4-2 33
Digitale Schlüsselkompetenzen

Box B 1-1 43
Totale Faktorproduktivität (TFP)

Abb B 1-2 43
Internationaler Vergleich der jährlichen TFP-Wachstumsraten in Prozent

Box B 1-3 44
Produktivitätsentwicklung in IKT-nutzenden und IKT-produzierenden Wirtschaftsbereichen

Abb B 1-4 45
Entwicklung der Innovatorenquote in Deutschland und Europa in Prozent

Abb B 1-5 46
Entwicklung der Patentintensität in der OECD

Box B 1-6 48
Messprobleme im Kontext der Digitalisierung

Abb B 2-1 55
Mitteleinsatz in wichtigen Programmen der Europäischen Forschungs- und Innovationspolitik in Milliarden Euro pro Jahr

Box B 2-2 56
Das Europäische Paradoxon

Box B 2-3 56
Die Innovationskluft (Innovation Divide) zwischen den EU-Mitgliedsstaaten

Tab B 2-4 57
Vergleich der Zuwendungen zwischen dem 7. Forschungsrahmenprogramm (7. FRP) und Horizont 2020 in Millionen Euro

Tab B 2-5 59
Unternehmen mit öffentlicher Innovationsförderung nach Branchen und Fördermittelgeber, Durchschnitt 2006–2014 in Prozent und absoluten Zahlen

Tab B 2-6 60
Projektkooperationspartner geförderter Unternehmen nach Fördermittelgeber (EU, Bund) und Förderperiode in Prozent

Box B 3-1 69
Künstliche Intelligenz

Abb B 3-2 70
Automatisierungsgrade des Fahrens

Abb B 3-3 70
Umgebungs- und Kerntechnologien autonomer Systeme

Abb B 3-4 71
Entwicklungsstand autonomer Systeme nach Bestandteilen und Anwendungsfeldern

Abb B 3-5 72
Dauer bis zur Marktreife autonomer Systeme (Stufe 5) nach Anwendungsfeld

Box B 3-6 74
Breite Nutzenpotenziale in Wirtschaft und Gesellschaft

D 1

Tab B 3-7 ... 76
Beiträge zu wichtigen KI-Konferenzen nach Land bzw. Region der Publizierenden

Abb B 3-8 ... 78
Publikationen und Spitzenpublikationen in Relation zum führenden Land im jeweiligen Anwendungsfeld für ausgewählte Länder 2002–2017

Abb B 3-9 ... 79
Anteil der transnationalen Patente Deutschlands im internationalen Vergleich für die vier betrachteten Anwendungsfelder autonomer Systeme 2002–2016

Abb C 1-1 ... 90
Qualifikationsniveau der Erwerbstätigen in ausgewählten EU-Ländern 2016 in Prozent

Tab C 1-2 ... 91
Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger an der alterstypischen Bevölkerung in ausgewählten OECD-Ländern und China in Prozent

Abb C 1-3 ... 92
Studienberechtigte in Deutschland 1970–2025, ab 2017 Projektion

Tab C 1-4 ... 93
Anzahl der Erstabsolventinnen und -absolventen sowie Fächerstrukturquote

Abb C 1-5 ... 94
Ausländische Studierende an deutschen Hochschulen

Tab C 1-6 ... 95
Weiterbildungsbeteiligung von Personen und Betrieben in Prozent

Abb C 2-1 ... 97
FuE-Intensität in ausgewählten OECD-Ländern und China 2006–2016 in Prozent

Abb C 2-2 ... 98
Haushaltsansätze des Staates für zivile FuE

Tab C 2-3 ... 98
Verteilung der Bruttoinlandsausgaben für FuE (GERD) nach durchführendem Sektor 2005 und 2015

Tab C 2-4 ... 99
FuE-Intensität der Bundesländer 2005 und 2015 in Prozent

Tab C 2-5 ... 100
Interne FuE-Ausgaben der Unternehmen nach Herkunft der Mittel, Wirtschaftszweigen, Größen- und Technologieklassen 2015

Abb C 2-6 ... 101
Interne FuE-Ausgaben in Prozent des Umsatzes aus eigenen Erzeugnissen 2014, 2015 und 2016

Abb C 3-1 ... 103
Innovationsintensität im europäischen Vergleich 2014 in Prozent

Abb C 3-2 ... 103
Innovationsintensität in der Industrie und den wissensintensiven Dienstleistungen Deutschlands in Prozent

Abb C 3-3 ... 104
Anteil des Umsatzes mit neuen Produkten in der Industrie und den wissensintensiven Dienstleistungen in Prozent

Abb C 3-4 ... 104
Anzahl der bei den Technischen Komitees bzw. Subkomitees der International Organization for Standardization (ISO) geführten Sekretariate

Abb C 4-1 ... 106
FuE-Ausgaben im Wirtschaftssektor 2015, die direkt und indirekt durch den Staat finanziert werden, als Anteil am nationalen Bruttoinlandsprodukt in Prozent

Abb C 4-2 ... 106
Anteil der Wagniskapitalinvestitionen am nationalen Bruttoinlandsprodukt 2015 und 2016 in Prozent

Abb C 4-3 ... 107
Entwicklung der Wagniskapitalinvestitionen in Deutschland 2007–2016 in Milliarden Euro

Abb C 5-1 ... 109
Gründungsraten im internationalen Vergleich 2015 in Prozent

Abb C 5-2 ... 109
Gründungsraten in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2006–2016 in Prozent

Abb C 5-3 ... 110
Schließungsraten in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2006–2016 in Prozent

Abb C 5-4 ... 110
Gründungsraten nach Bundesländern 2014–2016 in Prozent

Abb C 6-1 ... 112
Zeitliche Entwicklung der Anzahl der transnationalen Patentanmeldungen in ausgewählten Ländern

Tab C 6-2 ... 112
Absolute Zahl, Intensität und Wachstumsraten transnationaler Patentanmeldungen im Bereich der FuE-intensiven Technologie für 2015

Abb C 6-3 ... 113
Zeitliche Entwicklung des Spezialisierungsindex ausgewählter Länder im Bereich hochwertige Technologie

Abb C 6-4 ... 113
Zeitliche Entwicklung des Spezialisierungsindex ausgewählter Länder im Bereich Spitzentechnologie

Abb C 7-1 ... 115
Publikationsanteile ausgewählter Länder und Regionen an allen Publikationen im Web of Science für 2006 und 2016 in Prozent

Abb C 7-2 ... 116
Internationale Ausrichtung (IA) ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen im Web of Science für 2006 und 2014 (Indexwerte)

Abb C 7-3 ... 117
Zeitschriftenspezifische Beachtung (ZB) ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen im Web of Science für 2006 und 2014 (Indexwerte)

Tab C 8-1 ... 119
Komparative Vorteile (Revealed Comparative Advantage, RCA) ausgewählter Länder im Außenhandel mit forschungsintensiven Gütern 2005–2016

Abb C 8-2 ... 119
Anteil der FuE-intensiven Industrien sowie der wissensintensiven Dienstleistungen an der Wertschöpfung 2000 und 2015 in Prozent

Abb C 8-3 ... 120
Entwicklung der Bruttowertschöpfung in verschiedenen gewerblichen Wirtschaftsbereichen in Deutschland 2004–2015 in Milliarden Euro

Abb C 8-4 ... 120
Entwicklung der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in verschiedenen gewerblichen Wirtschaftsbereichen in Deutschland 2009–2016

D 2 Abkürzungsverzeichnis

Art. .... Artikel
AUF .... Außeruniversitäre Forschungseinrichtung
BBC .... British Broadcasting Corporation
BIBB .... Bundesinstitut für Berufsbildung
BIP .... Bruttoinlandsprodukt
BMBF .... Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMVI .... Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMWi .... Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CIS .... Community Innovation Surveys
DARPA .... Defense Advanced Research Project Agency
DFG .... Deutsche Forschungsgemeinschaft
DIHK .... Deutscher Industrie- und Handelskammertag
EFR .... Europäischer Forschungsraum
EFRE .... Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
EIC .... European Innovation Council
EIT .... Europäisches Innovations- und Technologieinstitut
ELER .... Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums
ERA-Net .... European Research Area Networks
ERC .... European Research Council
ESF .... Europäischer Sozialfonds
ESI-Fonds .... Europäischer Struktur- und Investitionsfonds
EU .... Europäische Union
EWR .... Europäischer Wirtschaftsraum
F&I .... Forschung und Innovation
FCKW .... Fluorchlorkohlenwasserstoff
FET .... Future and Emerging Technologies
FH .... Fachhochschule
FRP .... Forschungsrahmenprogramm
FuE .... Forschung und Entwicklung
GERD .... Gross Domestic Expenditure on Research and Development
GG .... Grundgesetz
HAW .... Hochschule für angewandte Wissenschaften
HR .... Human Resources
HTS .... Hightech-Strategie
ICILS .... International Computer and Information Literacy Study
ICT .... Information and Communication Technology
IKT .... Informations- und Kommunikationstechnologie
IoT .... Internet of Things
IT .... Informationstechnologie
ITA .... Innovations- und Technikanalyse

JEDI	Joint European Disruptive Initiative
JRC	Joint Research Centre
KI	Künstliche Intelligenz
KIC	Knowledge and Innovation Community
KldB	Klassifikation der Berufe
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
Lidar	Light Detection and Ranging
Mbit/s	Megabit pro Sekunde
MINT-EC	Verein mathematisch-naturwissenschaftlicher Excellence-Center an Schulen e. V.
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MOOC	Massive Open Online Course
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PIAAC	Programme for the International Assessment of Adult Competencies
RRI	Responsible Research and Innovation
SDG	Sustainable Development Goal
TFP	Totale Faktorproduktivität
ÜBS	Überbetriebliche Berufsbildungsstätte
VGR	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung
WBGU	Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen
WLAN	Wireless Local Area Network
ZIM	Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand

D 3 Glossar

Aktoren, Aktorik
Aktoren wandeln Steuerungssignale vor allem in Bewegung, aber auch beispielsweise in Druck oder Temperatur um. In der Aktorik, die als Teilgebiet der Antriebstechnik gilt, wird unterschieden in mechanische, pneumatische, elektromechanische, biologische, optische und thermische Aktoren.

Ankerinvestor
Ein Ankerinvestor ist ein Investor, der sich mit einem großen bzw. dem größten Anteil an börsennotierten Unternehmen, Start-ups oder Wagniskapitalfonds beteiligt. Somit wird die Finanzierung des Unternehmens sichtbar sichergestellt. Das erleichtert die Akquise der restlichen Mittel, da das Vertrauen interessierter Investoren in das Investment gestärkt wird.

Benchmark-Studie
Eine Benchmark-Studie ist ein Prozess, der darauf gerichtet ist, die eigenen Leistungen fortlaufend zu bewerten und mit denen der Konkurrenten am Markt zu vergleichen. Ziel ist die Steigerung der eigenen Leistungsfähigkeit.

Beteiligungskapital
Unter Beteiligungskapital versteht man Mittel von einem Kapitalgeber, die der externen Eigenfinanzierung eines Unternehmens dienen. Beteiligungsfinanzierung ist in starkem Maße rechtsformabhängig.

Bibliometrie
Bibliometrie ist die quantitative Untersuchung von Publikationen, Autorinnen und Autoren und Institutionen – zumeist mittels statistischer Verfahren. Sie ist ein Teilgebiet der Scientometrie, der quantitativen Untersuchung der Wissenschaft und wissenschaftlicher Vorgänge.

Bologna-Reform bzw. Bologna-Prozess
Grundlage ist die Sorbonne-Deklaration von 1998, die in die Bologna-Deklaration der EU von 1999 einging. Ziel war die sogenannte EU-weite Harmonisierung der Hochschulausbildung sowie ihrer Abschlüsse bis 2010. Zentrale Aspekte sind: vergleichbare Abschlüsse (zweistufiges System mit Bachelor und Master), einheitliche Bewertungsmaßstäbe (Leistungspunkte nach dem ECTS-System), mehr Mobilität durch Beseitigung von Mobilitätshemmnissen und europäische Kooperationen im Bereich der Qualitätssicherung.

Bruttoinlandsprodukt (BIP)
Das BIP ist der Wert aller erstellten Güter und Dienstleistungen einer Volkswirtschaft innerhalb eines Jahres. Dabei ist unerheblich, ob inländische oder ausländische Akteure an der Herstellung des BIP beteiligt sind, es kommt nur auf den Standort der Wertschöpfung an. Das BIP ist ein Indikator für die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit einer Volkswirtschaft im internationalen Vergleich.

Community Innovation Surveys
Die Community Innovation Surveys (CIS) sind das wichtigste statistische Instrument der Europäischen Union zur Erfassung von Innovationsaktivitäten in Europa. Die CIS analysieren die Auswirkungen von Innovation auf die Wirtschaft auf Basis der Befragung einer repräsentativen Stichprobe von Unternehmen.

Curriculum
Das Curriculum (Plural Curricula) ist eine systematische Darstellung der beabsichtigten Unterrichtsziele, -inhalte und -methoden über einen bestimmten Zeitraum zum Zweck der Vorbereitung, Verwirklichung und Evaluation des Unterrichts.

Drei-Prozent-Ziel
Der Europäische Rat hat im Jahr 2002 in Barcelona beschlossen, die FuE-Ausgaben in der EU bis 2010 auf 3 Prozent des Bruttoinlandsprodukts zu erhöhen. Ferner sollte der private Sektor zwei Drittel dieser Ausgaben finanzieren.

Drittmittel
Drittmittel sind finanzielle Mittel an Hochschulen oder anderen Forschungseinrichtungen, die zusätzlich zum regulären Budget (der Grundausstattung) von öffentlichen oder privaten Stellen eingeworben werden.

Duales Bildungssystem
Das duale Berufsausbildungssystem bezeichnet eine parallele Ausbildung in Betrieb und Berufsschule bzw. Berufsakademie. Dabei erfolgt die Ausbildung im Betrieb nach einer fest definierten Ausbildungsordnung des jeweiligen Berufes und die schulische

Ausbildung erfolgt gemäß den Vorgaben der jeweiligen Schulaufsichtsbehörden.

E-Government
E-Government (Electronic Government) steht für die Abwicklung von Regierungs- und Verwaltungsprozessen mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnologien über elektronische Medien. Im Rahmen von E-Government werden Behördendienstleistungen und Verwaltungsangelegenheiten digitalisiert und online angeboten.

Early Stage
Early Stage beschreibt die Finanzierung der Frühphasenentwicklung eines Unternehmens, angefangen mit der Finanzierung der Forschung und Produktkonzeption (Seed-Phase) über die Unternehmensgründung bis hin zum Beginn der operativen Geschäftstätigkeit einschließlich Produktentwicklung und erster Vermarktung (Start-up-Phase). Die Seed-Phase begrenzt sich auf FuE bis zur Ausreifung und ersten Umsetzung einer Geschäftsidee mit einem Prototyp, während innerhalb der Start-up-Phase ein Businessplan entworfen wird sowie der Produktionsstart und die Produktvermarktung erfolgen.

Eigenkapital
Eigenkapital ist das haftende Kapital eines Unternehmens. Eigenkapital wird von den Eigentümern zur Finanzierung selbst aufgebracht oder als erwirtschafteter Gewinn im Unternehmen belassen. Zudem kann es extern in Form von Beteiligungskapital zur Verfügung gestellt werden.

Enquete-Kommission
Eine Enquete-Kommission ist eine vom Parlament eingesetzte Arbeitsgruppe, die über komplexe Zukunftsfragen berät. Zusammen mit externen Sachverständigen erörtern Abgeordnete ökonomische, soziale und juristische Aspekte der Fragestellung. Durch ihre Arbeit bereitet die Enquete-Kommission Gesetzesvorhaben inhaltlich vor.

Erwerbspersonen
Erwerbspersonen sind die Untergruppe des Erwerbspotenzials (vgl. dort), die erwerbstätig oder als arbeitslos gemeldet ist.

Erwerbspotenzial
Das Erwerbspotenzial beinhaltet die Wohnbevölkerung im Alter von 15 bis 65 bzw. die Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter. Es setzt sich zusammen aus den Erwerbstätigen, den Arbeitslosen und der sogenannten „stillen Reserve". Zur „stillen Reserve" gehören Personen, die erwerbslos, aber nicht als arbeitsuchend registriert sind.

EU-13-Länder
Die zwischen 2004 und 2007 zur EU hinzugekommenen Länder sowie das im Juli 2013 neu hinzugekommene Kroatien bezeichnet man als EU-13-Länder (Bulgarien, Estland, Kroatien, Lettland, Litauen, Malta, Polen, Rumänien, Slowakei, Slowenien, Tschechien, Ungarn, Zypern).

EU-15-Länder
Die Länder, die bereits im April 2004 Mitgliedsländer der EU waren, bezeichnet man als EU-15-Länder (Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Irland, Italien, Luxemburg, Niederlande, Österreich, Portugal, Schweden, Spanien).

EU-28-Länder
Die EU setzt sich seit Juli 2013 aus 28 Mitgliedsländern zusammen (Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Irland, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechien, Ungarn, Zypern).

EU-Beihilferahmen
In dem am 1. Januar 2007 in Kraft getretenen Gemeinschaftsrahmen für staatliche Beihilfen für Forschung, Entwicklung und Innovation (kurz: EU-Beihilferahmen) legt die Europäische Kommission u. a. dar, unter welchen Voraussetzungen Forschungseinrichtungen als Empfänger staatlicher Beihilfen gelten und unter welchen Bedingungen Unternehmen Empfänger mittelbarer staatlicher Beihilfen von staatlich finanzierten öffentlichen Forschungseinrichtungen sind.

EU-Forschungsrahmenprogramm
Die öffentliche Förderung von Forschung und Entwicklung in der Europäischen Union erfolgt durch spezifische Programme, die jeweils einen bestimmten Forschungsbereich zum Gegenstand haben und zumeist über mehrere Jahre laufen. Diese Programme lassen sich wiederum zusammenfassen in einer größeren Einheit, dem sogenannten Forschungsrahmenprogramm.

Europa-2020-Initiative
Kernziel der Europa-2020-Initiative ist die bessere Koordinierung der nationalen und europäischen Wirtschaft. Sie ist das Nachfolgeprogramm der Lissabon-Strategie (Strategie, um Europa bis 2010 zum wettbewerbsfähigsten und dynamischsten wissensgestützten Wirtschaftsraum der Welt zu machen) und verfolgt einen noch umfassenderen Ansatz in Bezug auf FuE-Förderung, lebenslanges Lernen und die Förderung umweltfreundlicher Technologien.

Europäische Struktur- und Investitionsfonds
Bei den europäischen Struktur- und Investitionsfonds (ESI-Fonds) handelt es sich um den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE), den Europäischen Sozialfonds (ESF), den Kohäsionsfonds (KF), den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) und den Europäischen Meeres- und Fischereifonds (EMFF). Neben dem KF sind der EFRE und der ESF die zentralen Steuerungsinstrumente in der europäischen Kohäsionspolitik. Sie zielen vor allem darauf ab, die Konvergenz, Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigungssituation in strukturschwachen Regionen sowie die überregionale Zusammenarbeit zu befördern.

Externalitäten
Externalitäten sind definiert als Auswirkungen wirtschaftlicher Aktivitäten auf Dritte, für die keine Kompensation geleistet wird. Ein Beispiel hierfür sind Wissensexternalitäten (vgl. dort).

Forschung und Entwicklung (FuE)
Das sogenannte Frascati-Handbuch der OECD (vgl. dort) definiert Forschung und Entwicklung als systematische, schöpferische Arbeit zur Erweiterung des Kenntnisstandes – auch mit dem Ziel, neue Anwendungen zu finden.

Forschung und Innovation (F&I)
Forschung und Entwicklung (FuE) und F&I werden nicht synonym verwendet. Laut Frascati-Handbuch der OECD (vgl. dort) umfasst der Begriff FuE die drei Bereiche Grundlagenforschung, angewandte Forschung und experimentelle Entwicklung. FuE stellt aber nur einen Teilaspekt der F&I-Aktivitäten dar. Innovationen beinhalten gemäß der Definition im Oslo-Handbuch der OECD (vgl. dort) die Einführung von neuen oder wesentlich verbesserten Produkten (Güter und Dienstleistungen), Prozessen sowie Marketing- und Organisationsmethoden. Innovationsausgaben umfassen Ausgaben für interne und externe FuE, Maschinen und Sachmittel für Innovationen, Produktgestaltung, die Markteinführung neuer Produkte sowie sonstige innovationsbezogene Güter und Dienstleistungen.

Frascati-Handbuch
Das sogenannte Frascati-Handbuch der OECD enthält methodische Vorgaben für die Erhebung und Analyse von Daten zu Forschung und Entwicklung. Im Jahr 1963 trafen sich erstmals Experten der OECD mit Mitgliedern der NESTI-Gruppe (National Experts on Science and Technology Indicators) in Frascati, Italien, um wesentliche Begriffe wie Forschung und Entwicklung zu definieren. Das Resultat dieser Gespräche wurde als erstes Frascati-Handbuch bekannt. Seither ist das Frascati-Handbuch mehrmals überarbeitet worden. Die jüngste Ausgabe stammt aus dem Jahr 2015.

Frascati-Richtlinien
Die Frascati-Richtlinien entstammen dem Frascati-Handbuch der OECD, in dem Begriffe aus Forschung und Entwicklung definiert und klassifiziert sind. Außerdem legen sie Berechnungsmethoden und Konventionen zu FuE fest.

Fremdkapital
Fremdkapital wird Unternehmen von Kapitalgebern befristet zur Verfügung gestellt. Als Gegenleistung erwarten diese die Rückzahlung des Kapitals zuzüglich Zinszahlungen. Um die Bedienung eines Kredits sicherzustellen, setzen Banken für die Vergabe von Fremdkapital die hinreichende Planung sicherer künftiger Unternehmensergebnisse und/oder aber die Stellung von Sicherheiten voraus.

Frühphasenfinanzierung
Die Finanzierung der Frühphasenentwicklung eines Unternehmens umfasst die Seed- und die Start-up-Phase. Vgl. Early Stage.

FuE-Intensität
Als FuE-Intensität bezeichnet man den Anteil der Ausgaben für Forschung und Entwicklung (FuE) am Umsatz eines Unternehmens oder einer Branche bzw. am Bruttoinlandsprodukt eines Landes.

FuE-intensive Güter
FuE-intensive Güter setzen sich zusammen aus Gütern der Spitzentechnologie (vgl. dort) und der hochwertigen Technologie (vgl. dort).

Governance
Governance bezeichnet das Steuerungs- und Regelungssystem im Sinne von Strukturen (Aufbau- und Ablauforganisation) einer politisch-gesellschaftlichen

Einheit wie Staat, Verwaltung, Gemeinde, privaten oder öffentlichen Organisationen. Häufig wird der Begriff auch im Sinne von Steuerung oder Regelung einer jeglichen Organisation (etwa einer Gesellschaft oder eines Betriebes) verwendet.

Grundmittel
Grundmittel sind Haushaltsmittel der Hochschulen.

Gründungsquote
Unter Gründungsquote versteht man die Zahl der Gründungen in Relation zum Gesamtbestand der Unternehmen – sie eignet sich als Indikator für das Ausmaß der Erneuerung des Unternehmensbestandes.

Hightech-Strategie (HTS)
Der Politikansatz der Bundesregierung zur Integration der Innovationsförderung über alle Bundesministerien hinweg ist die sogenannte Hightech-Strategie. Die aktuelle Neue HTS wurde vom Bundeskabinett im September 2014 beschlossen.

Hochschulpakt
Der Hochschulpakt ist eine Vereinbarung zwischen Bund und Ländern, die 2007 auf den Weg gebracht wurde und bis 2020 konzipiert ist. Er soll zum einen ein der Nachfrage entsprechendes Studienangebot sicherstellen und zum anderen durch die Finanzierung der DFG-Programmpauschale den Wettbewerb um Forschungsmittel stärken.

Hochwertige Technologie
Als Güter der hochwertigen Technologie werden diejenigen FuE-intensiven Güter (vgl. dort) bezeichnet, bei deren Herstellung jahresdurchschnittlich mehr als 3 Prozent, aber nicht mehr als 9 Prozent des Umsatzes für Forschung und Entwicklung ausgegeben werden.

Horizont (Horizon) 2020
Horizont 2020 ist das Rahmenprogramm der Europäischen Union für Forschung und Innovation. Es setzt nicht nur das 7. EU-Forschungsrahmenprogramm fort, sondern integriert zusätzlich das Europäische Innovations- und Technologieinstitut (EIT) und die Innovationselemente des bisherigen Rahmenprogramms für Innovation und Wettbewerbsfähigkeit (Competitiveness and Innovation Framework Programme – CIP).

Inducement Prize Contest
Inducement Prize Contests (IPC) sind ein Instrument zur Förderung von Innovationen. Dabei handelt es sich um Förderwettbewerbe, bei denen Preisgelder ausgezahlt werden. Die Ausgestaltung bzw. das Design dieser Wettbewerbe kann sehr unterschiedlich ausfallen. So spielen u. a. die Höhe des Preisgeldes, die Zahl möglicher Gewinnerinnen und Gewinner, etwaige Regelungen zur Verwertung von Rechten an geistigem Eigentum oder die Bindung der Preisvergabe an den Markterfolg der Lösungskonzepte eine wichtige Rolle und beeinflussen die Wirkung des Instruments.

Industrie 4.0
In der industriellen Produktion werden Maschinen, Anlagen und Produkte zu einem informationstechnischen Netzwerk eingebetteter Systeme verbunden, um Flexibilisierungen und Effizienzsteigerungen zu erlauben. Der in Deutschland im Rahmen der Hannover-Messe 2011 geprägte Begriff der Industrie 4.0 fokussiert damit auf den Einsatz des Internet of Things (vgl. dort) im industriellen Kontext.

Inkrementelle Innovation
Eine Innovation durch Verbesserung eines bestehenden Produktes bezeichnet man als inkrementell. Im Gegensatz dazu bezeichnet die radikale Innovation (vgl. dort) grundlegende Neuerungen, die zu völlig neuen Produktkonzepten und technischen Lösungen führen.

Innovationsausgaben
Innovationsausgaben beziehen sich auf die Ausgaben für laufende, abgeschlossene und abgebrochene Projekte innerhalb eines Jahres. Sie setzen sich aus laufenden Ausgaben (Personal- und Sachausgaben etc.) und Ausgaben für Investitionen zusammen. Zu den Innovationsausgaben zählen innovationsbezogene Ausgaben für Maschinen, Anlagen, Software und externes Wissen (z.B. Patente, Lizenzen), für Konstruktion, Design, Produktgestaltung, Dienstleistungskonzeption, Mitarbeiterschulung und Weiterbildung, Markteinführung und andere Vorbereitungen für Produktion und Vertrieb von Innovationen sowie alle internen und externen Ausgaben für Forschung und Entwicklung.

Innovationsintensität
Die Innovationsintensität bezeichnet die Innovationsausgaben in Relation zum Umsatz.

Innovatorenquote
Die Innovatorenquote meint den Anteil der Unternehmen, die innerhalb eines Dreijahreszeitraums eine Produkt- oder Prozessinnovation eingeführt haben, am gesamten Unternehmensbestand eines Landes.

Internet of Things
Der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien in Alltagsgegenständen hat die Verbindung von realer und virtueller Welt hergestellt. Diese Vernetzung von Geräten mit Menschen wird als das Internet der Dinge (englisch: Internet of Things, IoT) oder auch Internet der Dinge und Dienste bezeichnet. Beispiele sind eingebettete Computersysteme, die in Kleidungsstücken die Vitalfunktionen der Trägerin bzw. des Trägers überwachen, aufgedruckte Chipcodes, die die Paketverfolgung über das Internet erlauben, und Kühlschränke, die autonom die Nachbestellung von Nahrungsmitteln bei sinkendem Vorratsbestand regeln.

Kaufkraftparität
Die Kaufkraftparität bietet – ähnlich dem Wechselkurs zwischen Währungen – die Möglichkeit des intervalutarischen Vergleichs verschiedener Länder bzw. Wirtschaftsräume. Kaufkraftparitäten werden durch die Gegenüberstellung der Preise für einen Warenkorb ermittelt, der vergleichbare und für das Verbrauchsverhalten in den einzelnen Staaten repräsentative Güter umfasst.

Landeshochschulgesetz
Das Landeshochschulgesetz regelt alle Fragen, die eine landeseigene Hochschule betreffen. In Ausübung ihrer Kulturhoheit erlassen alle Länder jeweils eigene Hochschulgesetze. Eine Koordination zwischen den Bundesländern erfolgt über die Kultusministerkonferenz.

Later Stage
Later Stage beschreibt die Finanzierung der Ausweitung der Geschäftstätigkeit eines jungen Unternehmens, dessen Produkt marktreif ist und das bereits Umsätze erzielt.

Lissabon-Agenda
Die Lissabon-Agenda aus dem Jahr 2000 ist die programmatische Strategie des Europäischen Forschungsraums. Durch sie sollte das Ziel erreicht werden, die EU bis 2010 zum wettbewerbfähigsten und dynamischsten wissensgestützten Wirtschaftsraum der Welt zu machen.

Marktversagen
Marktversagen ist eine Situation, bei der das Ergebnis einer Marktkoordination von der volkswirtschaftlich optimalen Allokation der Güter bzw. Ressourcen abweicht. Gründe für Marktversagen können das Vorhandensein von Externalitäten, öffentlichen Gütern und Informationsasymmetrien sein.

On Demand
On Demand (deutsch „auf Anforderung“, „auf Abruf“) bedeutet, dass eine Ware oder eine Dienstleistung erst auf direkte Anforderung einer Kundin oder eines Kunden hin zeitnah produziert oder bereitgestellt wird.

Oslo-Handbuch
Das Oslo-Handbuch der OECD enthält Vorgaben für die statistische Erfassung von Innovationsaktivitäten. Dabei geht dieses Handbuch über den FuE-Begriff des Frascati-Handbuchs (vgl. dort) hinaus und differenziert zwischen unterschiedlichen Formen von Innovationen. Das Oslo-Handbuch ist die Grundlage der Community Innovation Surveys (CIS).

Pakt für Forschung und Innovation
Der Pakt regelt die Finanzierungszuwächse der fünf außeruniversitären Wissenschafts- und Forschungsorganisationen durch den Bund und die Länder. Im Gegenzug haben sich die Wissenschafts- und Forschungsorganisationen verpflichtet, die Qualität, Effizienz und Leistungsfähigkeit ihrer jeweiligen Forschungs- und Entwicklungstätigkeit zu steigern.

Patentfamilie
Eine Patentfamilie bezeichnet eine Gruppe von Patenten oder Patentanmeldungen, die direkt oder indirekt durch eine gemeinsame Priorität miteinander verbunden sind, mindestens eine gemeinsame Priorität haben oder genau dieselbe Priorität oder Kombination von Prioritäten aufweisen. Die Priorität gibt den Zeitrang eines Patents an und hält damit u. a. den Stand der Technik fest, der bei der Feststellung der Patentfähigkeit der Anmeldung zu berücksichtigen ist.

PCT-Anmeldung
1970 wurde mit Abschluss des Patent Cooperation Treaty (PCT) unter dem Dach der 1969 gegründeten World Intellectual Property Organization (WIPO) das Verfahren zur Anmeldung internationaler Patentansprüche vereinfacht. Erfinder aus PCT-Staaten können – anstelle mehrerer getrennter nationaler oder regionaler Anmeldungen – bei der WIPO oder einem anderen zugelassenen Amt eine einzige Voranmeldung einreichen und haben so die Möglichkeit, einen Schutz in allen 148 Vertragsstaaten zu erhalten. Als Prioritätsdatum wird der Zeitpunkt der Einreichung bei der WIPO gewertet. Die endgültige Entscheidung, in welchen Ländern ein Schutz erlangt werden soll, muss nach 30 Monaten (bzw. an einzelnen Ämtern wie dem EPA nach 31 Monaten) getroffen werden. Für die Patenterteilung im eigentlichen Sinne sind

jedoch weiterhin die nationalen oder regionalen Patentämter zuständig.

Programmpauschale
Die Programmpauschalen stellen die zweite Säule des Hochschulpakts (vgl. dort) dar. Während es vor Einführung des Pakts den Hochschulen oblag, Gemeinkosten für die Projektdurchführung selbst zu tragen, erhalten die Antragstellenden der von der DFG geförderten Forschungsvorhaben nunmehr zur Deckung der mit der Förderung verbundenen indirekten zusätzlichen und variablen Projektausgaben eine Programmpauschale. Sie beträgt 22 Prozent der abrechenbaren direkten Projektausgaben.

Radikale Innovation
Eine radikale Innovation ist eine grundlegende Neuerung, die zu völlig neuen Produktkonzepten, technischen Lösungen oder Dienstleistungen führt. Im Gegensatz dazu bezeichnet inkrementelle Innovation die Verbesserung eines bestehenden Produktes oder Prozesses.

RCA-Index
Der RCA-Index (Revealed Comparative Advantage) beschreibt die Relation von Aus- und Einfuhren bei einer Gütergruppe im Verhältnis zur gesamtwirtschaftlichen Relation von Aus- und Einfuhren. Für die mathematische Darstellung wird dieses Verhältnis logarithmiert und mit dem Faktor 100 multipliziert.

RPA-Index
Der RPA-Index (Relativer Patentanteil) meint den Anteil eines Landes bei einer bestimmten Technologie in Relation zu dem Anteil dieser Technologie bei den weltweiten Patentanmeldungen. Die mathematische Formulierung ist analog zu der des RCA-Index beim Außenhandel.

Schließungsrate
Den Anteil stillgelegter Unternehmen an der Zahl der im Jahresdurchschnitt in einem Land aktiven Unternehmen (Unternehmensbestand) bezeichnet man als Schließungsrate.

Seed-Phase
Vgl. Early Stage.

Sensorik, Sensoren
Sensorik bezeichnet die Wissenschaft und die Anwendung von Sensoren zur Messung und Kontrolle von Veränderungen in technischen Systemen in der Umgebung eines oder mehrerer Sensoren. Sensoren sind technische Bauteile. So gibt es u. a. optische, akustische oder taktile Sensoren, die Veränderungen in der Umwelt messbar machen können.

Skaleneffekte
Skaleneffekte bezeichnen Größenvorteile, die darin zum Ausdruck kommen, dass die Selbstkosten je Stück – d.h. die im Unternehmen für ein Produkt anfallenden Kosten – mit steigender Produktionsmenge sinken. Skaleneffekte erklären, warum viele Unternehmen nach Größe streben, indem sie neue Märkte erschließen oder andere Firmen aufkaufen.

Soziale Innovationen
Veränderungen in der Nutzung der Technologien sowie Veränderungen von Lebensstilen, Geschäfts- und Finanzierungsmodellen, Arbeitsweisen oder Organisationsformen werden als soziale Innovationen bezeichnet und umfassen grundsätzlich Veränderungen sozialer Praktiken. Soziale Innovationen können sowohl komplementär zu als auch eine Folge von einer technologischen Innovation sein oder aber völlig unabhängig davon.

Spillover-Effekte
Spillover-Effekte treten in Forschung und Innovation in Form von Wissenstransfers auf, z.B. wenn ein Unternehmen A in der Lage ist, ökonomische Erträge aufgrund der FuE-Aktivitäten eines anderen Unternehmens B zu erzielen.

Spitzentechnologie
Als Güter der Spitzentechnologie werden diejenigen FuE-intensiven Güter (vgl. dort) bezeichnet, bei deren Herstellung jahresdurchschnittlich mehr als 9 Prozent des Umsatzes für Forschung und Entwicklung ausgegeben werden.

Start-up
Start-ups sind neu gegründete Unternehmen mit einer innovativen Geschäftsidee.

Start-up-Phase
Vgl. Early Stage.

Transnationale Patente
Transnationale Patentanmeldungen sind Anmeldungen in Patentfamilien mit mindestens einer Anmeldung bei der World Intellectual Property Organization (WIPO) über das PCT-Verfahren oder einer Anmeldung am Europäischen Patentamt. Für die exportorientierte deutsche Wirtschaft sind solche Patente von besonderer Bedeutung, weil sie den Schutz der Erfindung auch jenseits des Heimatmarktes betreffen.

Verarbeitendes Gewerbe
Das verarbeitende Gewerbe ist der weitaus größte Teil des industriellen Sektors, der alle Industriebranchen mit Ausnahme der Energiewirtschaft und des Baugewerbes umfasst. Prägende Branchen sind etwa das Ernährungsgewerbe, der Maschinenbau, die Herstellung von Kraftwagen/Kraftwagenteilen, die Herstellung von Metallerzeugnissen oder die chemische Industrie.

Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung
Ein Instrumentarium für die Wirtschaftsbeobachtung sind die Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR). Sie vermitteln ein umfassendes quantitatives Gesamtbild des wirtschaftlichen Geschehens. Die VGR bestehen aus der Inlandsproduktsberechnung, der Input-Output-Rechnung, der Vermögens-, der Erwerbstätigen-, der Arbeitsvolumen- und der Finanzierungsrechnung.

Wagniskapital
Unter Wagnis- oder Risikokapital, auch Venture Capital genannt, versteht man das Startkapital für Existenzgründende und junge Unternehmen. Dazu zählen auch Mittel, die zur Stärkung der Eigenkapitalbasis kleinerer und mittlerer Unternehmen eingesetzt werden, damit diese expandieren und innovative, teilweise mit hohem Risiko behaftete Projekte realisieren können. Für die Kapitalgebenden ist die Investition von Wagniskapital ebenfalls mit hohem Risiko behaftet, daher der Begriff Risikokapital. Beteiligungskapital in Form von Wagniskapital wird oftmals von speziellen Risikokapitalgesellschaften (Kapitalbeteiligungsgesellschaften) zur Verfügung gestellt. Man unterscheidet die Phasen Seed, Start-up und Later stage.

Wertschöpfung
Wertschöpfung ist die Summe aller in einer Periode entstandenen Faktoreinkommen (Löhne, Gehälter, Zinsen, Mieten, Pachten, Vertriebsgewinne) der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung und entspricht dem Volkseinkommen (Sozialprodukt). Im betrieblichen Sinne beinhaltet Wertschöpfung den Produktionswert je Periode abzüglich der in dieser Periode von anderen Unternehmen empfangenen Vorleistungen.

Wissensexternalitäten
In Forschung und Innovation treten Externalitäten in Form von Wissensspillover auf. Wettbewerber können durch Inspektion innovativer Produkte und Prozesse an Wissen gelangen, ohne selbst die vollen Kosten für die Wissensproduktion tragen zu müssen. Umgekehrt bedeutet dies, dass Innovatoren nicht die vollen sozialen bzw. gesellschaftlichen Erträge ihrer Produkt- oder Prozessentwicklungen privatisieren können. Die privaten Erträge der Innovation weichen von den sozialen Erträgen ab und der Innovator wird daher aus gesellschaftlicher Sicht zu wenig in die Wissensproduktion investieren.

Wissensintensive Dienstleistungen
Wissensintensive Dienstleistungen zeichnen sich im Wesentlichen dadurch aus, dass der Anteil der Beschäftigten mit Hochschulabschluss überdurchschnittlich ist.

Wissenswirtschaft
Die Wissenswirtschaft umfasst die FuE-intensiven Industrien und die wissensintensiven Dienstleistungen (vgl. im Einzelnen Kapitel D 4).

Wirtschaftszweige der FuE-intensiven Industrie und der wissensintensiven gewerblichen Dienstleistungen[413]

D 4

FuE-intensive Industriezweige WZ 2008 (4-stellige Klassen)

Spitzentechnologie

20.20	Herstellung von Schädlingsbekämpfungs-, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmitteln
21.10	Herstellung von pharmazeutischen Grundstoffen
21.20	Herstellung von pharmazeutischen Spezialitäten und sonstigen pharmazeutischen Erzeugnissen
25.40	Herstellung von Waffen und Munition
26.11	Herstellung von elektronischen Bauelementen
26.20	Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und peripheren Geräten
26.30	Herstellung von Geräten und Einrichtungen der Telekommunikationstechnik
26.51	Herstellung von Mess-, Kontroll-, Navigations- und ähnlichen Instrumenten und Vorrichtungen
26.60	Herstellung von Bestrahlungs- und Elektrotherapiegeräten und elektromedizinischen Geräten
26.70	Herstellung von optischen und fotografischen Instrumenten und Geräten
29.31	Herstellung von elektrischen und elektronischen Ausrüstungsgegenständen für Kraftwagen
30.30	Luft- und Raumfahrzeugbau
30.40	Herstellung von militärischen Kampffahrzeugen

Hochwertige Technologie

20.13	Herstellung von sonstigen anorganischen Grundstoffen und Chemikalien
20.14	Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien
20.52	Herstellung von Klebstoffen
20.53	Herstellung von etherischen Ölen
20.59	Herstellung von sonstigen chemischen Erzeugnissen anderweitig nicht genannt
22.11	Herstellung und Runderneuerung von Bereifungen
22.19	Herstellung von sonstigen Gummiwaren
23.19	Herstellung, Veredlung und Bearbeitung von sonstigem Glas einschließlich technischer Glaswaren
26.12	Herstellung von bestückten Leiterplatten
26.40	Herstellung von Geräten der Unterhaltungselektronik
27.11	Herstellung von Elektromotoren, Generatoren und Transformatoren
27.20	Herstellung von Batterien und Akkumulatoren
27.40	Herstellung von elektrischen Lampen und Leuchten
27.51	Herstellung von elektrischen Haushaltsgeräten
27.90	Herstellung von sonstigen elektrischen Ausrüstungen und Geräten anderweitig nicht genannt
28.11	Herstellung von Verbrennungsmotoren und Turbinen (ohne Motoren für Luft- und Straßenfahrzeuge)
28.12	Herstellung von hydraulischen und pneumatischen Komponenten und Systemen
28.13	Herstellung von Pumpen und Kompressoren anderweitig nicht genannt
28.15	Herstellung von Lagern, Getrieben, Zahnrädern und Antriebselementen
28.23	Herstellung von Büromaschinen (ohne Datenverarbeitungsgeräte und periphere Geräte)
28.24	Herstellung von handgeführten Werkzeugen mit Motorantrieb
28.29	Herstellung von sonstigen nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen anderweitig nicht genannt
28.30	Herstellung von land- und forstwirtschaftlichen Maschinen
28.41	Herstellung von Werkzeugmaschinen für die Metallbearbeitung
28.49	Herstellung von sonstigen Werkzeugmaschinen
28.93	Herstellung von Maschinen für die Nahrungs- und Genussmittelerzeugung und die Tabakverarbeitung
28.94	Herstellung von Maschinen für die Textil- und Bekleidungsherstellung und die Lederverarbeitung
28.95	Herstellung von Maschinen für die Papiererzeugung und -verarbeitung
28.99	Herstellung von Maschinen für sonstige bestimmte Wirtschaftszweige anderweitig nicht genannt
29.10	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren
29.32	Herstellung von sonstigen Teilen und sonstigem Zubehör für Kraftwagen
30.20	Schienenfahrzeugbau
32.50	Herstellung von medizinischen und zahnmedizinischen Apparaten und Materialien

Wissensintensive gewerbliche Dienstleistungen WZ 2008 (3-stellige Klassen)

Wissensintensive Dienstleistungen

Schwerpunkt Finanzen und Vermögen

411	Erschließung von Grundstücken; Bauträger
641	Zentralbanken und Kreditinstitute
642	Beteiligungsgesellschaften
643	Treuhand- und sonstige Fonds und ähnliche Finanzinstitutionen
649	Sonstige Finanzierungsinstitutionen
651	Versicherungen
652	Rückversicherungen
653	Pensionskassen und Pensionsfonds
661	Mit Finanzdienstleistungen verbundene Tätigkeiten
663	Fondsmanagement
681	Kauf und Verkauf von eigenen Grundstücken, Gebäuden und Wohnungen
683	Vermittlung und Verwaltung von Grundstücken, Gebäuden und Wohnungen für Dritte
774	Leasing von nichtfinanziellen immateriellen Vermögensgegenständen

Schwerpunkt Kommunikation

611	Leitungsgebundene Telekommunikation
612	Drahtlose Telekommunikation
613	Satellitentelekommunikation
619	Sonstige Telekommunikation
620	Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie
631	Datenverarbeitung, Hosting und damit verbundene Tätigkeiten; Webportale
639	Erbringung von sonstigen Informationsdienstleistungen

Schwerpunkt technische Beratung und Forschung

711	Architektur- und Ingenieurbüros
712	Technische, physikalische und chemische Untersuchung
721	Forschung und Entwicklung im Bereich Natur-, Ingenieur-, Agrarwissenschaften und Medizin
749	Sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und technische Tätigkeiten, anderweitig nicht genannt

Schwerpunkt nichttechnische Beratung und Forschung

691	Rechtsberatung
692	Wirtschaftsprüfung und Steuerberatung; Buchführung
701	Verwaltung und Führung von Unternehmen und Betrieben
702	Public-Relations- und Unternehmensberatung
722	Forschung und Entwicklung im Bereich Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften sowie im Bereich Sprach-, Kultur- und Kunstwissenschaften
731	Werbung
732	Markt- und Meinungsforschung
821	Sekretariats- und Schreibdienste, Copy-Shops

Schwerpunkt Medien und Kultur

581	Verlegen von Büchern und Zeitschriften; sonstiges Verlagswesen
582	Verlegen von Software
591	Herstellung, Verleih und Vertrieb von Filmen und Fernsehprogrammen; Kinos
592	Tonstudios; Herstellung von Hörfunkbeiträgen; Verlegen von bespielten Tonträgern und Musikalien
601	Hörfunkveranstalter
602	Fernsehveranstalter
741	Ateliers für Textil-, Schmuck-, Grafik- und ähnliches Design
743	Übersetzen und Dolmetschen
823	Messe-, Ausstellungs- und Kongressveranstalter
900	Kreative, künstlerische und unterhaltende Tätigkeiten
910	Bibliotheken, Archive, Museen, botanische und zoologische Gärten

Schwerpunkt Gesundheit

750	Veterinärwesen
861	Krankenhäuser
862	Arzt- und Zahnarztpraxen
869	Gesundheitswesen, anderweitig nicht genannt

D 5

Aktuelle Studien zum deutschen Innovationssystem

Im Auftrag der Expertenkommission Forschung und Innovation werden regelmäßig Studien zu innovationspolitisch relevanten Themen erarbeitet. Sie sind im Rahmen der Reihe „Studien zum deutschen Innovationssystem“ über die Homepage der EFI (www.e-fi.de) zugänglich. Die Ergebnisse fließen in das Gutachten der Expertenkommission ein.

1-2018
Gehrke, B.; Kerst, C. (2018): Bildung und Qualifikation als Grundlage der technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2018 (Kurzstudie). Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

2-2018
Schasse, U.; Gehrke, B.; Stenke, G. (2018): Forschung und Entwicklung in Staat und Wirtschaft – Deutschland im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

3-2018
Bersch, J.; Berger, M; Wagner, S. (2018): Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2016, Gründungen und Schließungen von Unternehmen, Gründungsdynamik in den Bundesländern, Internationaler Vergleich, Wagniskapital-Investitionen in Deutschland und im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

4-2018
Neuhäusler, P.; Rothengatter, O.; Frietsch, R. (2018): Patent Applications – Structures, Trends and Recent Developments 2017. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

5-2018
Helmich, P.; Gruber, S; Frietsch, R. (2018): Performance and Structures of the German Science System 2017. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

6-2018
Gehrke, B.; Schiersch, A. (2018): FuE-intensive Industrien und wissensintensive Dienstleistungen im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

7-2018
Ostertag, K; Neuhäusler, P.; Helmich, P.; Frietsch, R.; Walz, R.; Gehrke, B.; Schasse, U. (2018): FuI-Indikatoren zu Nachhaltigkeit und Klimaschutz: Forschung, Entwicklung, Innovationen und Marktergebnisse. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

8-2018
Ostertag, K.; Bodenheimer, M.; Neuhäusler, P.; Helmich, P.; Walz, R. (2018): Organisational Innovations, Social Innovations and Societal Acceptability in the Context of Sustainability. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

9-2018
Rothgang, M.; Dehio, J.; Janßen-Timmen, R.; Stiebale, J. (2018): Sektorfallstudien zu Determinanten der Produktivitätsentwicklung in der Automobilindustrie, im Maschinenbau und bei den Telekommunikationsdienstleistungen. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

10-2018
Peters, B.; Mohnen, P.; Saam, M.; Blandinières, F.; Hud, M.; Krieger, B.; Niebel, T. (2018): Innovationsaktivitäten als Ursache des Productivity Slowdowns? Eine Literaturstudie. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

11-2018
Neuhäusler, P.; Schubert, T. (2018): Can Depleting Technological Opportunities Explain the Stagnation of Productivity? Panel Data Evidence for 11 OECD Countries. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

12-2018
Weber, M.; Rammer, C.; Dinges, M.; Dachs, B.; Hud, M.; Steindl, C. (2018): Erkenntnis- und Wissenstransfer im Kontext europäischer F&I-Politik. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

13-2018
Dumitrescu, R.; Gausemeier, J.; Slusallek, P.; Cieslik, S.; Demme, G.; Falkowski, T.; Hoffmann, H.; Kadner, S.; Reinhart, F.; Westermann, T.; Winter, J. (2018): Autonome Systeme. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

14–2018
Youtie, J.; Porter, A., Shapira, P.; Woo, S., Huang, Y. (2018): Autonomous Systems: A Bibliometric and Patent Analysis. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

15–2018
Rammer, C.; Ahmed, R.; Behrens, V. (2018): Lange Datenreihen zu Innovatorenquoten. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

16–2018
Meurer, P. (2018): Zugang von FH-/HAW-Absolventinnen und -Absolventen zur Promotion, kooperative Promotionen und Promotionsrecht. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

17–2018
Pötzl, M.; Natterer, M. (2018): Technologietrends in den Bereichen menschenfeindliche Umgebungen, Smart Home, industrielle Produktion und autonome Fahrzeuge. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

D 6

Literaturverzeichnis

A

Acemoglu, D. (2009): Introduction to Modern Economic Growth. Princeton: Princeton Univ. Press.

Acemoglu, D.; Aghion, P.; Bursztyn, L.; Hemous, D. (2012): The Environment and Directed Technical Change. The American Economic Review. 102(1). S. 131–166.

Acemoglu, D.; Akcigit, U.; Hanley, D.; Kerr, W.R. (2016): Transition to Clean Technology. Journal of Political Economy. 124(1). S. 52–104.

Adler, T.; Salvi, M. (2017): Wenn die Roboter kommen. Den Arbeitsmarkt für die Digitalisierung vorbereiten. Zürich: Avenir Suisse.

Aghion, P.; Howitt, P. (2009): The Economics of Growth. Cambridge Mass. u. a.: MIT Press.

AI Index – Artificial Intelligence Index (2017): Annual Report: AI Index.

AI100 – Stone, P.; Brooks, R.; Brynjolfsson, E.; Calo, R.; Etzioni, O.; Hager, G.; Hirschberg, J.; Kalyanakrishnan, S.; Kamar, E.; Kraus, S.; Leyton-Brown, K.; Parkes, D.; Press, W.; Saxenian, A.; Shah, J.; Tambe, M.; Teller, A. (2016): Artificial Intelligence and Life in 2030. One Hundred Year Study on Artificial Intelligence: Report of the 2015-2016 Study Panel: AI100.

Akcigit, U.; Hanley, D.; Serrano-Velarde, N. (2013): Back to Basics: Basic Research Spillovers, Innovation Policy and Growth. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.

Anderson, J.M.; Samaras, C.; Stanley, K.D.; Kalra, N.; Oluwatola, O.A.; Sorensen, P. (2014): Autonomous Vehicle Technology. A Guide for Policymakers. Santa Monica, CA: Rand Corporation.

Andrews, D.; Criscuolo, C.; Gal, P.N. (2016): The Best versus the Rest: The Global Productivity Slowdown, Divergence across Firms and the Role of Public Policy. OECD Productivity Working Papers. No. 05. Paris: OECD Publishing.

Arthur, W.B. (1989): Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-In by Historical Events. The Economic Journal. 99(394). S. 116–131.

Austrian FP9 Think Tank (2017): Fostering Impact and Sustainable Collaboration in FP9 within a new Common Research, Technology and Innovation Policy. Wien: Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft.

Autor, D.H.; Levy, F.; Murnane, R.J. (2003): The Skill Content of Recent Technological Change. An Empirical Exploration. The Quarterly Journal of Economics. 118(4). S. 1279–1333.

Autor, D.H.; Salomons, A. (2017): Robocalypse Now – Does Productivity Growth Threaten Employment? Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.

Ayres, R.U.; Van Den Bergh, J. C.; Gowdy, J.M. (1998): Weak versus Strong Sustainability.

B

Bad Wiesseer Kreis – Mitgliedergruppe der Fachhochschulen in der HRK (2014): Bad Wiesseer Eckpunktepapier, Fachhochschulen/ Hochschulen für angewandte Wissenschaften und Promotionsrecht. Bad Wiessee: Bad Wiesseer Kreis – Mitgliedergruppe der Fachhochschulen in der HRK.

Barro, R.J.; Sala-i-Martin, X. (2003): Economic Growth. Cambridge Mass. u. a.: MIT Press.

Bartel, A.; Ichniowski, C.; Shaw, K. (2007): How Does Information Technology Affect Productivity? Plant-Level Comparisons of Product Innovation, Process Improvement, and Worker Skills. The Quarterly Journal of Economics. 122(4). S. 1721–1758.

Bartelsman, E.; Dobbelaere, S.; Peters, B. (2013): Allocation of Human Capital and Innovation at the Frontier. Firm-Level Evidence on Germany and the Netherlands. IZA Discussion Paper. No. 7540.

Baumol, W.J. (1967): Macroeconomics of Unbalanced Growth. The Anatomy of Urban Crisis. The American Economic Review. 57(3). S. 415–426.

Baumol, W.J. (2012): The Cost Disease. Why Computers Get Cheaper and Health Care Doesn't. New Haven: Yale University Press.

Bean, C. (2016): Independent Review of UK Economic Statistics. London: HM Treasury, Cabinet Office.

Bersch, J.; Berger, M.; Wagner, S. (2018): Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2016, Gründungen und Schließungen von Unternehmen, Gründungsdynamik in den Bundesländern, Internationaler Vergleich, Wagniskapital-Investitionen in Deutschland und im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 3-2018. Berlin: EFI.

Bertschek, I.; Niebel, T.; Ohnemus, J.; Rasel, F.; Saam, M.; Schulte, P.; Schleife, K.; Stiehler, A.; Ortwein, T.; Heinzl, A. (2014): Produktivität IT-basierter Dienstleistungen: Wie kann man sie messen und steuern? ZEW-Dokumentation. Nr. 14-02.

BITKOM (2016): 51.000 offene Stellen für IT-Spezialisten. Pressemitteilung vom 14. November 2016.

Black, S.E.; Lynch, L.M. (1996): Human-Capital Investments and Productivity. The American Economic Review. 86(2). S. 263–267.

Black, S.E.; Lynch, L.M. (2001): How to Compete. The Impact of Workplace Practices and Information Technology on Productivity. Review of Economics and Statistics. 83(3). S. 434–445.

Blind, K. (2002): Normen als Indikatoren für die Diffusion neuer Technologien. Endbericht für das BMBF. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.

Blind, K.; Cremers, K.; Mueller, E. (2009): The Influence of Strategic Patenting on Companies' Patent Portfolios. Research Policy. 38(2). S. 428–436.

Bloom, N.; Jones, C.I.; van Reenen, J.; Webb, M. (2017): Are Ideas Getting Harder to Find? Palo Alto: Stanford University.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (o.J.): Richtlinie zur Umsetzung der gemeinsamen Initiative des Bundes und der Länder zur Förderung des forschungsbasierten Ideen-, Wissens- und Technologietransfers an deutschen Hochschulen - „Innovative Hochschule“. Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2014): Horizont 2020 im Blick. Informationen zum neuen EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation. Bonn: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2016a): Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft. Strategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2016b): Bundesbericht Forschung und Innovation 2016. Forschungs- und

innovationspolitische Ziele und Maßnahmen. Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2016c): Europäischer Innovationsrat (EIC). Positionspapier des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2016d): Forschung an Fachhochschulen, Wie aus praxisorientierter Forschung Produkte und Dienstleistungen werden. Bonn: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2017a): Berufsbildung 4.0. Den digitalen Wandel gestalten. Programme und Initiativen des BMBF. Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2017b): Bundesbildungsministerium baut digitale Talentförderung aus. Pressemitteilung 3. April 2017. Berlin: BMBF.

Böhringer, C.; Jochem, P.E. (2007): Measuring the Immeasurable. A Survey of Sustainability Indices. Ecological Economics. 63(1). S. 1–8.

Bonin, H.; Terry, G.; Zierahn, U. (2015): Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland. Kurzexpertise. 57: ZEW.

Bos, W.; Eickelmann, B.; Gerick, J.; Goldhammer, F.; Schaumburg, H.; Schwippert, K.; Senkbeil, M.; Schulz-Zander, R.; Wendt, H. (2014): ICILS 2013. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich. Münster: Waxmann.

Brand eins (2016): Der Köder. Brand eins 1. Juli 2016.

Breiter, A.; Zeising, A.; Stolpmann, B.E. (2017): IT-Ausstattung an Schulen. Kommunen brauchen Unterstützung für milliardenschwere Daueraufgabe. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.

Brundtland, G.H. (1987): Report of the World Commission on Environment and Development. Our Common Future. New York: United Nations.

Brynjolfsson, E. (1993): The Productivity Paradox of Information Technology. Communications of the ACM. 36(12). S. 66–77.

Brynjolfsson, E.; McAfee, A. (2014): The Second Machine Age. Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. New York, NY: Norton.

Bundesagentur für Arbeit (2017a): Fachkräfteengpassanalyse. Berichte: Blickpunkt Arbeitsmarkt. 6-2017. Nürnberg: Bundesagentur für Arbeit.

Bundesagentur für Arbeit (2017b): IT-Fachleute. Berichte: Blickpunkt Arbeitsmarkt. 4-2017. Nürnberg: Bundesagentur für Arbeit.

Bundesamt für Güterverkehr (2017): Marktbeobachtung Güterverkehr. Auswertung der Arbeitsbedingungen in Güterverkehr und Logistik 2017-I. Fahrerberufe. BAG - Marktbeobachtung.

Bundesanzeiger (2013): Vereinbarung zwischen Bund und Ländern über die Förderung der angewandten Forschung und Entwicklung an Fachhochschulen nach Artikel 91b des Grundgesetzes, vom 28. Juni 2013. BAnz AT 27. September 2013.

Bundesregierung (2016): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Neuauflage 2016.

Bundesregierung (2017a): Leitlinien für das neue EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation. Positionspapier der Bundesregierung. Berlin: Bundesregierung.

Bundesregierung (2017b): Zwischenevaluierung von Horizont 2020. Positionspapier der Bundesregierung. Berlin: Bundesregierung.

Byrne, D.M.; Reinsdorf, M.B.; Fernald, J.G. (2016): Does the United States Have a Productivity Slowdown or a Measurement Problem? Brookings Papers on Economic Activity. San Francisco: Federal Reserve Bank of San Francisco.

C

Comin, D. (2008): Total Factor Productivity. In: Durlauf, S.; Blume, L.E.: The New Palgrave Dictionary of Economics. Basingstoke: Palgrave Macmillan.

Crass, D.; Peters, B. (2014): Intangible Assets and Firm-Level Productivity. ZEW Discussion Papers. No. 12-120.

D

Danks, D.; London, A.J. (2017): Regulating Autonomous Systems. Beyond Standards. IEEE Intelligent Systems. 32(1). S. 88–91.

David, P. (1990): The Dynamo and the Computer: An Historical Perspective on the Modern Productivity Paradox. The American Economic Review. 80(2). S. 355–361.

David, P.A. (1991): The Modern Productivity Paradox in a Not-Too-Distant Mirror. In: OECD: Technology and Productivity: The Challenge for Economic Policy. Paris: OECD Publishing.

Dechezleprêtre, A.; Martin, R.; Mohnen, M. (2015): Knowledge Spillovers from Clean and Dirty Technologies. Centre for Economic Performance, London School of Economics and Political Science.

Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften (2017): Promotion im Umbruch. Stellungnahme. Halle (Saale): Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften.

Deutscher Bundestag (2013): Schlussbericht der Enquete-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität – Wege zu nachhaltigem Wirtschaften und gesellschaftlichem Fortschritt in der Sozialen Marktwirtschaft“. Drucksache 17/13300.

DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft (2014): Merkblatt Projektakademien. Bonn: DFG.

DHV – Deutscher Hochschulverband (2013): Promotionsrecht muss Alleinstellungsmerkmal der Universitäten bleiben. Pressemitteilung vom 27. November 2013.

Dosi, G.; Llerena, P.; Labini, M.S. (2006): The Relationships between Science, Technologies and their Industrial Exploitation. An Illustration through the Myths and Realities of the So-Called ‘European Paradox’. Research Policy. 35(10). S. 1450–1464.

Dumitrescu, R.; Gausemeier, J.; Slusallek, P.; Cieslik, S.; Demme, G.; Falkowski, T.; Hoffmann, H.; Kadner, S.; Reinhart, F.; Westermann, T.; Winter, J. (2018): Autonome Systeme. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 13-2018. Berlin: EFI.

E

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2010): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2010. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2011): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2011. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2013): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2013. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2014): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2014. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2015): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2015. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2016): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2016. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2017): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2017. Berlin: EFI.

EIT – European Institute of Innovation and Technology (2017): Our Impact from 2010 to 2016. The EIT – Making Innovation Happen. Budapest: EIT.

Elstner, S.; Feld, L.P.; Schmidt, C.M. (2016): Bedingt abwehrbereit. Deutschland im digitalen Wandel. Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung: Arbeitspapier 03/2016.

EOP – Executive Office of the President (2016): Artificial Intelligence, Automation, and the Economy. Washington, D.C.: EOP.

EOP; NSTC – Executive Office of the President; National Science and Technology Council (2016): Preparing for the Future of Artificial Intelligence. Washington, D.C.: EOP; NSTC.

Ermisch, S. (2017): IT-Anbieter werben um Fachkräfte. Handelsblatt 14. April 2017.

Esser, H.; Helmrich, R.; Härtel, M.; Padur, T.; Zinke, G. (2016): Berufsbildung 4.0. Fachkräftequalifikationen und Kompetenzen für die digitalisierte Arbeit von morgen. Bonn: BMBF/BIBB.

Esterházy, Y. (2017): Programmieren in Schulen. So lernen fünfjährige britische Schüler das Programmieren. Wirtschaftswoche 6. Januar 2017.

Ethik-Kommission Automatisiertes und Vernetztes Fahren (2017): Bericht. Berlin: BMVI.

ETH-Rat (2014): Schweiz braucht volle Assoziierung an Horizon 2020. Positionspapier. Zürich: ETH-Rat.

EUA – European University Association (2016): EUA Brexit Factsheet. UK – European Research Collaboration and Student Mobility. Brüssel: EUA.

Europäische Kommission (2016): Factsheet – Beziehungen zwischen der EU und der Schweiz. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2017): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Stärkung der Innovation in Europas Regionen: Beitrag zu einem widerstandsfähigen, inklusiven und nachhaltigen Wachstum auf territorialer Ebene. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Union (2005): Ein Neubeginn für die Strategie von Lissabon. Brüssel: Europäische Union.

Europäische Union (2008): Verordnung (EG) No 294/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. März 2008 zur Errichtung des Europäischen Innovations- und Technologieinstituts. (EG) No 294/2008.

Europäische Union (2013a): Verordnung (EU) Nr. 1291/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2013 über das Rahmenprogramm für Forschung und Innovation Horizont 2020 (2014-2020) und zur Aufhebung des Beschlusses Nr. 1982/2006/EG.

Europäische Union (2013b): Verordnung (EU) Nr. 1301/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates.

Europäische Union (2015): Verordnung (EU) Nr. 2015/1017 des Europäischen Parlaments und des Rates.

European Commission (1995): Green Paper on Innovation.

European Commission (2008): A More Research-Intensive and Integrated European Research Area. Science, Technology and Competitiveness Key Figures Report 2008/2009. Brüssel: European Commission.

European Commission (2016): The Future of the European Institute of Innovation and Technology (EIT). Strategic Issues and Perspectives.

European Commission (2017a): Associated Countries to Horizon 2020. Brüssel: European Commission.

European Commission (2017b): Commission Staff Working Paper on the Interim Evaluation of the European Institute of Innovation and Technology (EIT). Brüssel: European Commission.

European Commission (2017c): Guidance Note. Funding of Applicants from Non-EU Countries and International Organisations. Brüssel: European Commission.

European Commission (2017d): Horizon 2020 Interim Evaluation. Brüssel: European Commission.

European Commission (2017e): LAB – FAB – APP. Investing in the European Future We Want. Report of the Independent High Level Group on Maximising the Impact of EU Research & Innovation Programmes. Brüssel: European Commission.

European Research Council (2017): ERC Starting Grants 2017 Outcome. Indicative Statistics. Brüssel: European Commission.

F

Fabian, G.; Hillmann, J.; Trennt, F.; Briedis, K. (2016): Hochschulabschlüsse nach Bologna. Werdegänge der Bachelor- und Masterabsolvent(inn)en des Prüfungsjahrgangs 2013. Hannover: DZHW.

Fachforum Autonome Systeme – Fachforum Autonome Systeme im Hightech-Forum (2017): Fachforum Autonome Systeme – Abschlussbericht Langversion: Fachforum Autonome Systeme.

Falk, M.; Biagi, F. (2016): Relative Demand for Highly Skilled Workers and Use of Different ICT Technologies. Applied Economics. 49(9). S. 903–914.

Favarò, F.M.; Nader, N.; Eurich, S.O.; Tripp, M.; Varadaraju, N. (2017): Examining Accident Reports Involving Autonomous Vehicles in California. PloS one. 12(9). e0184952.

Feenstra, R.C.; Inklaar, R.; Timmer, M.P. (2015): The Next Generation of the Penn World Table. American Economic Review. 105(10). S. 3150–3182.

Fernald, J.G. (2014): A Quarterly, Utilization-Adjusted Series on Total Factor Productivity. San Francisco: Federal Reserve Bank of San Francisco.

Fernandes, P.; Nunes, U. (2012): Platooning with IVC-Enabled Autonomous Vehicles. Strategies to Mitigate Communication Delays, Improve Safety and Traffic Flow. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 13(1). S. 91–106.

Fichter, K.; Noack, T.; Beucker, S.; Bierter, W.; Springer, S. (2006): Nachhaltigkeitskonzepte für Innovationsprozesse: Fraunhofer-IRB-Verlag.

Fichtl, A.; Piopiunik, M. (2017a): Absolventen von Fachhochschulen und Universitäten im Vergleich: FuE-Tätigkeiten, Arbeitsmarktergebnisse, Kompetenzen und Mobilität. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 14-2017. Berlin: EFI.

Fichtl, A.; Piopiunik, M. (2017b): Absolventen von Fachhochschulen und Universitäten im Vergleich: FuE-Tätigkeiten, Arbeitsmarktergebnisse, Kompetenzen und Mobilität. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 14-2017. Berlin: EFI.

Forth, J.; Mason, G. (2006): Do ICT Skill Shortages Hamper Firms' Performance? Evidence from UK Benchmarking Surveys. NIESR Discussion Paper. No. 281.

Fraunhofer FKIE (2017): FKIE erzielt im Roboterwettbewerb „EnRicH" Auszeichnungen in mehreren Kategorien. Pressemitteilung vom 3. Juli 2017.

Fraunhofer ISE (2017): Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland: Fraunhofer ISE.

Frey, C.B.; Osborne, M.A. (2017): The Future of Employment. How Susceptible are Jobs to Computerisation? Technological Forecasting and Social Change. 114. S. 254–280.

G

Gehrke, B.; Frietsch, R.; Neuhäusler, P.; Rammer, C. (2013): Neuabgrenzung forschungsintensiver Industrien und Güter – NIW/ISI/ZEW-Listen 2012. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 8-2013. Berlin: EFI.

Gehrke, B.; Kerst, C. (2018): Bildung und Qualifikation als Grundlage der technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2018 (Kurzstudie). Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 1-2018. Berlin: EFI.

Gehrke, B.; Schiersch, A. (2018): FuE-intensive Industrien und wissensintensive Dienstleistungen im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 6-2018. Berlin: EFI.

Geyer, A.; Berger, F.; Dudenborstel, T. (2016): Empirische Begleitung des Programms „Forschung an Fachhochschulen", Abschlussbericht. Wien: Technopolis Group.

Gordon, R. (2012): Is U.S. Economic Growth Over? Faltering Innovation Confronts the Six Headwinds. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.

Gordon, R.J. (2015): Secular Stagnation: A Supply-Side View. American Economic Review. 105(5). S. 54–59.

Goulder, L.H.; Schneider, S.H. (1999): Induced Technological Change and the Attractiveness of CO_2 Abatement Policies. Resource and Energy Economics. 21(3-4). S. 211–253.

Greaker, M.; Midttømme, K. (2016): Network Effects and Environmental Externalities. Do Clean Technologies Suffer from Excess Inertia? Journal of Public Economics. 143. S. 27–38.

Griffith, R.; Redding, S.; van Reenen, J. (2003): R&D and Absorptive Capacity. Theory and Empirical Evidence. Scandinavian Journal of Economics. 105(1). S. 99–118.

Grömling, M. (2016): Digitale Revolution. Eine neue Herausforderung für die Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen? Wirtschaftsdienst. 96(2). S. 135–139.

Grunwald, A. (2015): Transformative Wissenschaft. Eine neue Ordnung im Wissenschaftsbetrieb? GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society. 24(1). S. 17–20.

Grunwald, A.; Kopfmüller, J. (2012): Nachhaltigkeit. Frankfurt, New York: Campus.

Guellec, D.; van Pottelsberghe de Potterie, B. (2002): The Value of Patents and Patenting Strategies. Countries and Technology Areas Patterns. Economics of Innovation and New Technology. 11(2). S. 133–148.

GWK – Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (2016): Bekanntmachung der Verwaltungsvereinbarung zwischen Bund und Ländern gemäß Artikel 91b Absatz 1 des Grundgesetzes zur Förderung des forschungsbasierten Ideen-, Wissens- und Technologietransfers an deutschen Hochschulen – „Innovative Hochschule". Bonn: GWK.

GWK – Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (2017): Bund-Länder-Initiative zur Förderung des forschungsbasierten Ideen-, Wissens- und Technologietransfers an deutschen Hochschulen – „Innovative Hochschule", Liste der zur Förderung ausgewählten Hochschulen und Hochschulverbünde. Bonn: GWK.

H

Hachmeister, C.-D. (2017): Die Vielfalt der Studiengänge, Entwicklung des Studienangebotes in Deutschland zwischen 2014 und 2017. Gütersloh: CHE.

Hagsten, E.; Sabadash, A. (2017): A Neglected Input to Production. The Role of ICT-Schooled Employees in Firm Performance. International Journal of Manpower. 38(3). S. 373–391.

Harhoff, D. (2000): R&D Spillovers, Technological Proximity, and Productivity Growth. Evidence from German Panel Data. Schmalenbach Business Review. 52. S. 238–260.

Harhoff, D.; Hall, B.H.; Graevenitz, G. von; Hoisl, K.; Wagner, S. (2007): The Strategic Use of Patents and Its Implications for Enterprise and Competition Policies. Brüssel: European Commission.

Harhoff, D.; Kagermann, H.; Stratmann, M. (Hrsg.) (2018): Impulse für Sprunginnovationen in Deutschland. acatech Diskussion. München: Herbert Utz Verlag.

Helmich, P.; Gruber, S.; Frietsch, R. (2018): Performance and Structures of the German Science System 2017. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 5-2018. Berlin: EFI.

Helpman, E.; Trajtenberg, M. (1998): The Diffusion of General Purpose Technologies. In: Helpman, E.: General Purpose Technologies and Economic Growth. Cambridge, MA: MIT Press.

Hessischer Landtag (2017): Kleine Anfrage der Abg. May (Bündnis 90/Die Grünen) und Wolff (CDU) vom 27. Juni 2017 betreffend Promotionszentren an Hochschulen für angewandte Wissenschaften (HAW) und Antwort des Ministers für Wissenschaft und Kunst. Drucksache 19/5030.

Heublein, U.; Ebert, J.; Hutzsch, C.; Isleib, S.; König, R.; Richter, J.; Woisch, A. (2017): Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit, Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen. Forum Hochschule. 1/2017. Hannover: DZHW.

Hightech-Forum (2017): Gemeinsam besser – Nachhaltige Wertschöpfung, Wohlstand und Lebensqualität im digitalen Zeitalter. Innovationspolitische Leitlinien des Hightech-Forums. Berlin: Hightech-Forum.

HM Government (2017): Collaboration on Science and Innovation. A Future Partnership Paper. London: HM Government.

Hornstein, A.; Krusell, P. (1996): Can Technology Improvements Cause Productivity Slowdowns? NBER Macroeconomics Annual. 11. S. 209–259.

HRK – Hochschulrektorenkonferenz (2016): Grundsätze für ein nachhaltiges Bund-Länder-Programm zur Gewinnung von Professorinnen und Professoren an Hochschulen für angewandte Wissenschaften (HAW) bzw. Fachhochschulen (FH). Empfehlung des 134. Senats der HRK am 13. Oktober 2016 in Berlin. Berlin/Bonn: HRK.

I

ISO – International Organization for Standardization (2008): The ISO System, The Trusted Partner, Annual Report 2007. Genf: ISO.

J

Jaffe, A.B.; Newell, R.G.; Stavins, R.N. (2005): A Tale of Two Market Failures. Technology and Environmental Policy. Ecological Economics. 54(2-3). S. 164–174.

Jaradat, M.A.; Bani-Salim, M.; Awad, F. (2017): A Highly-Maneuverable Demining Autonomous Robot. An Over-Actuated Design. Journal of Intelligent & Robotic Systems. 15(2). S. 589.

K

Kalkuhl, M.; Edenhofer, O.; Lessmann, K. (2012): Learning or Lock-In. Optimal Technology Policies to Support Mitigation. Resource and Energy Economics. 34(1). S. 1–23.

Kehl, C.; Sauter, A. (2015): Was kostet die Natur? Wert und Inwertsetzung von Biodiversität. Baden-Baden: Nomos.

Kelly, E.; Alho, I. (2017): Macron Wants to Set up ‘EU Agency on Disruptive Innovation’. Science Business 26. September 2017.

Klepper, S. (1996): Entry, Exit, Growth, and Innovation over the Product Life Cycle. The American Economic Review. 86(3). S. 562–583.

Klepper, S. (1997): Industry Life Cycles. Industrial and Corporate Change. 6(1). S. 145–182.

Klepper, S. (2002): Firm Survival and the Evolution of Oligopoly. The RAND Journal of Economics. 33(1). S. 37–61.

KMK – Kultusministerkonferenz (1999): Strukturvorgaben für die Einführung von Bachelor-/Bakkalaureus- und Master-/Magisterstudiengängen. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 5. März 1999. Bonn: KMK.

KMK – Kultusministerkonferenz (2003): Ländergemeinsame Strukturvorgaben gemäß § 9 Abs. 2 HRG für die Akkreditierung von Bachelor- und Masterstudiengängen. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 10. Oktober 2003. Darmstadt: KMK.

KMK – Kultusministerkonferenz (2010): Ländergemeinsame Strukturvorgaben für die Akkreditierung von Bachelor- und Masterstudiengängen. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 10. Oktober 2003 i. d. F. vom 4. Februar 2010. Bonn: KMK.

Konigs, J.; Vanormelingen, S. (2010): The Impact of Training on Productivity and Wages. Firm Level Evidence. IZA Discussion Paper. No. 4731.

KPMG; Center for Automotive Research (2012): Self-Driving Cars. The Next Revolution: KPMG; CAR.

Kreuchauff, F.H. (2015): Fraktale Doppel-Boom-Zyklen und Querschnittstechnologien. Dissertation. Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie.

Kuri, J. (2017): Fachkräftemangel. Weiter steigender Bedarf an IT-Fachkräften. Heise Online 19. September 2017.

L

Le Monde Economie (2017): Pour „une initiative européenne sur l’innovation de rupture“. Le Monde Economie 18. Oktober 2017.

Lehnert, P.; Pfister, C.; Backes-Gellner, U. (2017): The Effect of an Education-Driven Labor Supply Shock on Firms' R&D Personnel. Leading House Working Paper. No. 141.

Lindiger, M. (2016): Das Europäische GPS ist gestartet. Frankfurter Allgemeine Zeitung 21. Dezember 2016.

Lindner, R.; Goos, K.; Güth, S.; Som, O.; Schröder, T. (2016): „Responsible Research and Innovation“ als Ansatz für die Forschungs-, Technologie- und Innovationspolitik. Hintergründe und Entwicklungen. TAB-Hintergrundpapier. Nr. 22.

Lindner, R.; Kuhlmann, S. (2016): Responsible Research and Innovation und die Governance von Forschung & Innovation. Herausforderungen und Prinzipien. Forschung: Politik – Strategie – Management. 9(1). S. 22–27.

Lindsey, B. (2015): Understanding the Growth Slowdown. Washington, D.C.: Cato Institute.

Loecker, J. de; Eeckhout, J. (2017): The Rise of Market Power and the Macroeconomic Implications. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.

Loecker, J. de; Warzynski, F. (2012): Markups and Firm-Level Export Status. The American Economic Review. 102(6). S. 2437–2471.

Lorenz, R.; Bos, W.; Endberg, M.; Eickelmann, B.; Grafe, S.; Vahrenhold, J. (2017): Schule digital – der Länderindikator 2017. Schulische Medienbildung in der Sekundarstufe I mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer im Bundesländervergleich und Trends von 2015 bis 2017. Münster: Waxmann.

M

Mayer, A.L. (2008): Strengths and Weaknesses of Common Sustainability Indices for Multidimensional Systems. Environment international. 34(2). S. 277–291.

Meller, P.; Hudson, R.L.; Lau, T. (2006): Barroso Boost for European Institute of Technology. Science Business 1. März 2006.

Menge-Sonnentag, R. (2017): Entwickler verzweifelt gesucht. Stack-Overflow-Studie zur Lage bei IT-Fachkräften. Heise Online 23. August 2017.

Messner (2016): Stellungnahme Öffentliches Fachgespräch zum Thema „Forschung und Innovation in Deutschland: Stand und Perspektiven – einschließlich Zwischenbilanz der Hightech-Strategie“. Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung, Deutscher Bundestag. Ausschussdrucksache 18(18)245 a.

Meurer, P. (2018): Zugang von FH-Absolventinnen und -Absolventen zur Promotion, kooperative Promotionen und Promotionsrecht. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 16-2018. Berlin: EFI.

Mitgliedergruppe der Fachhochschulen/Hochschulen für Angewandte Wissenschaften in der HRK (2017): Vorschlag zur Gründung einer Deutschen Transfergemeinschaft (DTG) 2017.

Moedas, C. (2015): Open Innovation, Open Science, Open to the World. Speech of the Commissioner for Research, Science and Innovation at ”A new start for Europe: Opening up to an ERA of Innovation“ Conference. Brüssel: European Commission.

Mozur, P. (2017): Beijing Wants A.I. to Be Made in China by 2030. New York Times 20. Juli 2017.

Mozur, P.; Markoff, J. (2017): Is China Outsmarting America in A.I.? New York Times 27. Mai 2017.

Müller, B.; Bersch, J.; Niefert, M.; Rammer, C. (2013): Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2011, Gründungen und Schließungen von Unternehmen, Beschäftigungsbeitrag von Gründungen, Vergleich von Datenquellen mit Informationen zu Gründungen. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 4-2013. Berlin: EFI.

Müller, B.; Gottschalk, S.; Niefert, M.; Rammer, C. (2014): Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2012, Gründungen und Schließungen von Unternehmen, Gründungsdynamik in den Bundesländern, Internationaler Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 3-2014. Berlin: EFI.

N

Nelson, R.R. (1959): The Simple Economics of Basic Scientific Research. Journal of Political Economy. 67(3). S. 297–306.

Neuhäusler, P.; Rothengatter, O.; Frietsch, R. (2018): Patent Applications – Structures, Trends and Recent Developments 2017.

Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 4-2018. Berlin: EFI.

Nill, J.; Kemp, R. (2009): Evolutionary Approaches for Sustainable Innovation Policies. From Niche to Paradigm? Research Policy. 38(4). S. 668–680.

Nilsson, N.J. (2010): The Quest for Artificial Intelligence. A History of Ideas and Achievements. Cambridge: Cambridge University Press.

NKR – Nationaler Normenkontrollrat (2017): Bürokratieabbau. Bessere Rechtsetzung. Digitalisierung. Erfolge ausbauen – Rückstand aufholen, Jahresbericht 2017 des Nationalen Normenkontrollrates. Berlin: NKR.

Nordhaus, W.D. (2008): Baumol's Diseases. A Macroeconomic Perspective. The B.E. Journal of Macroeconomics. 8(1).

Nourry, M. (2008): Measuring Sustainable Development. Some Empirical Evidence for France from Eight Alternative Indicators. Ecological Economics. 67(3). S. 441–456.

NSTC – National Science and Technology Council (2016): The National Artificial Intelligence Research and Development Plan. Washington, D.C.: NSTC.

O

o.V. (2009): The Lund Declaration. Europe Must Focus on the Grand Challenges of Our Time.

OECD – Organisation for Economic Cooperation and Development (2016): New Skills for the Digital Economy. Measuring the Demand and Supply of ICT Skills at Work. OECD Digital Economy Papers. No. 258. Paris: OECD.

OECD - Organisation fpr Economic Cooperation an Development (2018): Main Science and Technology Indicators. OECD Science, Technology and R&D Statistics (database).

Onut, V.; Aldridge, D.; Mindel, M.; Perelgut, S. (2010): Smart Surveillance System Applications. In: Ng, J.; Couturier, C.; Müller, H.A.; Ryman, A.: Proceedings of the 2010 Conference of the Center for Advanced Studies on Collaborative Research. Toronto, Canada.

P

Partha, D.; David, P.A. (1994): Toward a New Economics of Science. Research Policy. 23(5). S. 487–521.

Perez, C. (2002): Technological Revolutions and Financial Capital the Dynamics of Bubbles and Golden Ages. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.

Peters, B.; Licht, G.; Kladobra, A.; Crass, D. (2009): Soziale Erträge der FuE-Tätigkeit in Deutschland. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 15-2009. Berlin: EFI.

Peters, B.; Mohnen, P.; Saam, M. Blandinières, F.; Hud, M.; Krieger, B.; Niebel, T. (2018): Innovationsaktivitäten als Ursache des Productivity Slowdowns? Eine Literaturstudie. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 10-2018. Berlin: EFI.

Pfister, C.; Rinawi, M.; Harhoff, D.; Backes-Gellner, U. (2017): Regional Effects of Applied Research – Universities of Applied Sciences and Innovation. Swiss Leading House Working Paper. No. 117.

Pillarisetti, J.R.; van den Bergh, J.C. (2013): Aggregate Indices for Identifying Environmentally Responsible Nations. An Empirical Analysis and Comparison. International Journal of Environmental Studies. 70(1). S. 140–150.

Pötzl, M.; Natterer, M. (2018): Technologietrends in den Bereichen menschenfeindliche Umgebungen, Smart Home, industrielle Produktion und autonome Fahrzeuge. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 17-2018. Berlin: EFI.

R

Rammer, C.; Ahmed, R.; Behrens, V. (2018): Lange Datenreihen zu Innovatorenquoten. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 15-2018. Berlin: EFI.

Rammer, C.; Berger, M.; Doherr, T.; Hud, M.; Iferd, Y.; Krieger, B.; Peters, B.; Schubert, T.; Burg, J. von der (2018): Innovationen in der deutschen Wirtschaft, Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2017, Innovationsaktivitäten der Unternehmen in Deutschland im Jahr 2016, mit einem Ausblick für 2017 und 2018. Studie im Auftrag des BMBF. Mannheim: ZEW.

Rammer, C.; Hünermund, P. (2013): Innovationsverhalten der Unternehmen in Deutschland 2011 – Aktuelle Entwicklungen – Europäischer Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 3-2013. Berlin: EFI.

Rennings, K. (2000): Redefining Innovation. Eco-Innovation Research and the Contribution from Ecological Economics. Ecological Economics. 32(2). S. 319–332.

Rosenberg, N. (2009): Why Do Firms Do Basic Research (With Their Own Money)? In: Rosenberg, N.: Studies on Science and the Innovation Process: World Scientific.

Rothgang, M.; Dehio, J.; Janßen-Timmen, R.; Stiebale, J. (2018): Sektorfallstudien zu Determinanten der Produktivitätsentwicklung in der Automobilindustrie, im Maschinenbau und bei den Telekommunikationsdienstleistungen. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 9-2018.

S

Sachverständigenrat deutscher Stiftungen für Integration und Migration (2017): Neuordnung der Einwanderungspolitik, Ein Einwanderungsgesetzbuch für Deutschland. Berlin: Sachverständigenrat deutscher Stiftungen für Integration und Migration.

Sachwald, F. (2015): Europe's Twin Deficits. Excellence and Innovation in New Sectors. Policy Paper by the Research, Innovation, and Science Policy Experts (RISE). Brüssel: European Commission.

SAE International (2016): Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. J3016.

Schasse, U.; Gehrke, B.; Stenke, G. (2018): Forschung und Entwicklung in Staat und Wirtschaft – Deutschland im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 2-2018. Berlin: EFI.

Schiller, J.; Aicher, C.; Feresin, E. (2016): Weiße Biotechnologie. Stand und Perspektiven der industriellen Biotechnologie: Umwelt- und Nachhaltigkeitspotenziale. TAB-Arbeitsbericht. Nr. 169.

Schlütter, K. (2017): Vorschlag für eine deutsch-französische Innovationsagentur. Kooperation International 23. Oktober 2017.

Schneider, J.; Stenke, G. (2015): Männlich – Deutsch – MINT. Diversität als Chance für Forschung und Entwicklung in Unternehmen. Essen: Wissenschaftsstatistik GmbH im Stifterverband.

Schneidewind, U.; Singer-Brodowski, M. (2013): Transformative Wissenschaft. Klimawandel im deutschen Wissenschafts- und Hochschulsystem. Marburg: Metropolis.

Schot, J.; Steinmüller, E. (2016): Framing Innovation Policy for Transformative Change. Innovation Policy 3.0: Science Policy Research Unit (SPRU) University of Sussex.

Schütte, G. (2016): Interaction between National and European Research and Innovation Funding. Keynote Speech by the State Secretary to the Federal Minister of Education and Research in Oslo, Norway, at the Science Europe's ERA High-Level Workshop 2016.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, Referat IV C (2012): Vorausberechnung der Studienanfängerzahlen 2012-2025 – Fortschreibung – (Stand: 24. Januar 2012). Bonn: KMK.

SGD – Studiengemeinschaft Darmstadt (2017): Weiterbildungstrends in Deutschland 2017. Darmstadt: SGD.

Shea, C.M.; Grinde, R.; Elmslie, B. (2011): Nanotechnology as General-Purpose Technology. Empirical Evidence and Implications. Technology Analysis & Strategic Management. 23(2). S. 175–192.

Smitten, S. in der; Sembritzki, T.; Thiele, L.; Kuhns, J.; Sanou, A.; Valero-Sanchez, M. (2017): Bewerberlage bei Fachhochschulprofessuren (BeFHPro). Forum Hochschule. 3/2017. Hannover: DZHW.

Soldt, R. (2018): Die Informatiklehrer fehlen. Wieder ein neues Fach im Südwesten. F.A.Z. Plus 11. Januar 2018.

Solow, R. (1987): We'd Better Watch Out. New York Times Book Review July 12, 1987.

Statistisches Bundesamt (2003): TOP 2.1.1, Einführung der Vorjahrespreisbasis. Sitzung des Fachausschusses Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen am 26. November 2003.

Statistisches Bundesamt – Statistisches Bundesamt (2016): Verkehr. Verkehrsunfälle. Fachserie 8 Reihe 7. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Statistisches Bundesamt (2017): Produzierendes Gewerbe. Indizes der Produktion und der Arbeitsproduktivität im Produzierenden Gewerbe. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Strohschneider, P. (2014): Zur Politik der Transformativen Wissenschaft. In: Brodocz, A.; Herrmann, D.; Schmidt, R.; Schulz, D.; Schulze Wessel, J.: Die Verfassung des Politischen: Festschrift für Hans Vorländer. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

SVR – Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2015): Zukunftsfähigkeit in den Mittelpunkt. Jahresgutachten 2015/16. Wiesbaden: SVR.

SVR – Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2017): Für eine zukunftsorientierte Wirtschaftspolitik, Jahresgutachten 17/18. Wiesbaden: SVR.

Syverson, C. (2017): Challenges to Mismeasurement Explanations for the US Productivity Slowdown. Journal of Economic Perspectives. 31(2). S. 165–186.

T

The Royal Society (2016): UK Research and the European Union. The Role of the EU in International Research Collaboration and Research Mobility. London: The Royal Society.

Turing, A. (1950): Computing Machinery and Intelligence. Mind.(236). S. 433–460.

U

U15 (2014): U15: „Promotionsrecht für Fachhochschulen verwischt Profile der Hochschularten und ihre Aufgaben“. Berlin: U15.

Unruh, G.C. (2000): Understanding Carbon Lock-In. Energy Policy. 28(12). S. 817–830.

Utterback, J.M.; Abernathy, W.J. (1975): A Dynamic Model of Process and Product Innovation. Omega. 3(6). S. 639–656.

V

van Ark, B. (2016): The Productivity Paradox of the New Digital Economy. International Productivity Monitor. 31. S. 3–18.

VDA – Verband der Automobilindustrie (2015): Automatisierung. Von Fahrerassistenzsystemen zum automatisierten Fahren. Berlin: VDA.

W

Watt, N. (2006): European Institute 'to Rival MIT'. The Guardian 22. Februar 2006.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2016): Sondergutachten. Entwicklung und Gerechtigkeit durch Transformation: Die vier großen I. Berlin: WBGU.

Weber, M.; Rammer, C.; Dinges, M.; Dachs, B.; Hud, M.; Steindl, C. (2018): Erkenntnis- und Wissenstransfer im Kontext europäischer F&I-Politik. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 12-2018. Berlin: EFI.

Wilson, J.; Tyedmers, P.; Pelot, R. (2007): Contrasting and Comparing Sustainable Development Indicator Metrics. Ecological Indicators. 7(2). S. 299–314.

Witwicki, S.; Castillo, J.C.; Messias, J.; Capitan, J.; Melo, F.S.; Lima, P.U.; Veloso, M. (2017): Autonomous Surveillance Robots. A Decision-Making Framework for Networked Multiagent Systems. IEEE Robotics & Automation Magazine. 24(3). S. 52–64.

WR – Wissenschaftsrat (2002): Empfehlungen zur Entwicklung der Fachhochschulen. Drs. 5102/02. Berlin: WR.

WR – Wissenschaftsrat (2010): Empfehlungen zur Rolle der Fachhochschulen im Hochschulsystem. Drs. 10031-10. Berlin: WR.

WR – Wissenschaftsrat (2016): Empfehlungen zur Personalgewinnung und -entwicklung an Fachhochschulen. Drs. 5637-16. Weimar: WR.

Y

Youtie, J.; Porter, A.; Shapira, P.; Woo, S.; Huang, Y. (2018): Autonomous Systems. A Bibliometric and Patent Analysis. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 14-2018. Berlin: EFI.

D 7 Endnoten-verzeichnis

A 1

1 Vgl. im Folgenden EFI (2017: 28f.).
2 Vgl. hierzu und im Folgenden EFI (2017: 29).
3 Vgl. hierzu und im Folgenden EFI (2017: 28 und 102).
4 Vgl. hierzu auch NKR (2017: 35ff.).
5 Vgl. hierzu und im Folgenden EFI (2017: Kapitel B 7).
6 Vgl. hierzu und im Folgenden EFI (2017: 84ff.).
7 Vgl. EFI (2017: 84ff.) sowie https://www.kfw.de/KfW-Konzern/Newsroom/Pressematerial/Themen-kompakt/Beteiligungsfinanzierung/ und https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2017/20170802-machnig-schub-fuer-wagniskapitalfinanzierung.html (letzter Abruf am 17. Januar 2018).
8 Vgl. hierzu und im Folgenden EFI (2017: 25 und 84ff.).
9 Vgl. hierzu und im Folgenden EFI (2017: 24f. und 84ff.).
10 Vgl. hierzu und im Folgenden EFI (2017: 82f.).
11 Vgl. hierzu und im Folgenden EFI (2017: 18f.).
12 Vgl. hierzu und im Folgenden EFI (2017: 26 und 90ff.).
13 Der Begriff der radikalen Innovation ist ein Fachbegriff der Innovationsökonomik, der in der engeren Interpretation inkrementellen (kleinschrittigen) technischen Fortschritt von Veränderungen abgrenzt, infolge derer der Innovator eine Monopolposition etablieren kann. Im weiteren Sinne wird der Begriff „radikale Innovation" verwendet für Neuheiten, die in Märkten, Organisationen und Gesellschaften weitreichenden Wandel nach sich ziehen. Dafür hat sich auch der Begriff „Sprunginnovation" etabliert.
14 Vgl. Harhoff et al. (2018). Vgl. auch http://www.deutschlandfunk.de/praesident-der-max-planck-gesellschaft.676.de.html?dram:article_id=409092 (letzter Abruf am 24. Januar 2018).
15 Der Sachverständigenrat deutscher Stiftungen für Integration und Migration schlägt vor, die Erwerbsmigration im Rahmen der Erarbeitung eines zusammenhängenden Gesetzbuchs im Bereich der Migration neu zu regeln.Vgl. Sachverständigenrat deutscher Stiftungen für Integration und Migration (2017).
16 Vgl. Sachverständigenrat deutscher Stiftungen für Integration und Migration (2017) und SVR (2017: 387f.).
17 Vgl. hierzu und im Folgenden EFI (2017: 27 und 93ff.). Als zentrale politische Initiative wurde in Deutschland im Jahr 2013 das Kompetenzzentrum innovative Beschaffung (KOINNO) eingerichtet, das sich nun im Rahmen eines von der Europäischen Kommission geförderten Projekts auf europäischer Ebene vernetzt. Vgl. https://www.koinno-bmwi.de/ (letzter Abruf am 17. Januar 2018) und Auskunft des BMWi vom 19. Dezember 2017. Über die Einrichtung von KOINNO hinaus wurden bisher keine größeren Initiativen zur Förderung der innovationsorientierten Beschaffung gestartet. Vgl. hierzu und im Folgenden EFI (2016: 27 und 93ff.).
18 Vgl. im Folgenden EFI (2017: 16f.).

A 2

19 Vgl. https://sustainabledevelopment.un.org/sdgs (letzter Abruf am 17. Januar 2018).
20 „European research must focus on the Grand Challenges of our time moving beyond current rigid thematic approaches." Vgl. o.V. (2009).
21 Vgl. WBGU (2016: 7).
22 Vgl. Messner (2016).
23 Vgl. Hightech-Forum (2017: 6).
24 Die Forderung nach verstärkter Partizipation weist Berührungspunkte mit der kontroversen Debatte um transformative Wissenschaft auf, auf die hier nicht weiter eingegangen wird. Vgl. dazu u.a. Schneidewind und Singer-Brodowski (2013); Strohschneider (2014); Grunwald (2015).
25 Vgl. Brundtland (1987).
26 Vgl. Bundesregierung (2016).
27 Vgl. Fraunhofer ISE (2017).
28 Vgl. Fichter et al. (2006) sowie Schiller et al. (2016).
29 Vgl. Grunwald und Kopfmüller (2012).
30 Direkte Verbesserungen, wie z. B. ein geringer Verbrauch fossiler Energieressourcen durch erhöhte Energieeffizienz, können zudem durch indirekte Effekte wie erhöhte Energienachfrage, durch Einkommenseffekte oder Verhaltensänderungen überkompensiert werden (sogenannter Rebound-Effekt).
31 Nachhaltigkeitsindizes aggregieren ausgewählte Indikatoren in den genannten drei Nachhaltigkeitsfeldern zu einer eindimensionalen Kennzahl.
32 Vgl. beispielsweise Böhringer und Jochem (2007); Wilson et al. (2007); Nourry (2008); Mayer (2008); Pillarisetti und van den Bergh (2013).
33 In der volkswirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Analyse dienen Preissignale in einem marktwirtschaftlichen System als fundamentale Indikatoren, wie Knappheitsrelationen von Ressourcen zu bewerten sind. Wenn Märkte bzw. Preissignale fehlen oder verzerrt sind, dann lassen sich Marktexternalitäten – wie z. B. im Fall von Klimaschäden – durch Steuern oder Subventionen in ein gesamtgesellschaftliches Kosten-Nutzen-Kalkül internalisieren. Der ökologische Extremfall einer starken Nachhaltigkeit, in der Naturkapital nicht substituierbar ist und die reine Existenz einen Wert an sich hat (existence value), ist in Form von ökologischen Leitplanken integrierbar. Vgl. beispielsweise Ayres et al. (1998). Auch die Dimension der sozialen Gerechtigkeit lässt sich durch Berücksichtigung expliziter Ungleichheitsaversion und daraus resultierender Sozialpolitik über Steuer- bzw. Transfermaßnahmen abbilden.
34 Vgl. Kehl und Sauter (2015).
35 Vgl. beispielsweise Nill und Kemp (2009); Lindner et al. (2016); Schot und Steinmüller (2016).
36 Der Ansatz Responsible Research and Innovation zielt darauf ab, durch die frühzeitige Einbindung von

verschiedenen Akteursgruppen (Stakeholder-, Nutzer- und Bürgergruppen) die Ausrichtung und Auswirkungen von Forschung und Entwicklung an gesellschaftliche Werte und Bedarfe anzupassen. Vgl. beispielsweise Lindner und Kuhlmann (2016).

37 Im Forschungsrahmenprogramm Horizont 2020 wird der Ansatz im Programmteil „Wissenschaft mit und für die Gesellschaft“ und als Querschnittsthema gefördert. Vgl. https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/responsible-research-innovation (letzter Abruf am 17. Januar 2018). Die niederländische Forschungsgemeinschaft (NWO) hat das Programm „verantwortungsvolle Innovation“ (Maatschappelijk Verantwoord Innoveren, MWI) entwickelt, das Projekte fördert, bei denen bereits in der Entwicklungsphase soziale und ethische Implikationen berücksichtigt werden. Verpflichtend ist u.a. ein sogenanntes „Valorisation Panel“, dem potenzielle Nutzerinnen und Nutzer sowie ggf. andere relevante gesellschaftliche Stakeholder angehören und die das gesamte Projekt begleiten. Im Vereinigten Königreich setzt die größte Forschungsgemeinschaft Engineering and Physical Science Research Council (EPSRC) bei bestimmten Ausschreibungen (z. B. zum Thema Geoengineering) voraus, dass ein RRI-Ansatz im Projekt integriert ist, ohne dazu jedoch genauere Vorgaben zu machen.

38 Vgl. https://www.bmbf.de/de/innovations-und-technikanalysen-ita-937.html (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

39 Vgl. EFI (2013); EFI (2016).

40 Zur sogenannten doppelten Dividende von Umweltinnovationen vgl. beispielsweise Goulder und Schneider (1999), Rennings (2000) sowie Jaffe et al. (2005). Als weitere theoretische Begründung für eine verstärkte FuE-Förderung sauberer Innovationen wird vorgebracht, dass sie stärker unter Marktversagen im Innovationsprozess litten als „schmutzige“ Innovationen. Zu solchen Marktversagenseffekten zählen Pfadabhängigkeiten in der Innovationsausrichtung (Acemoglu et al. 2012; Acemoglu et al. 2016), positive Netzwerkeffekte (Greaker und Midttømme 2016), Lock-ins (Unruh 2000; Kalkuhl et al. 2012) und überdurchschnittliche Wissensexternalitäten (Dechezleprêtre et al. 2015).

A 3

41 Drei Viertel der im Wintersemester 2016/17 in Deutschland vorhandenen Hochschulen waren Universitäten und FHs/HAWs. Insgesamt gab es 428 Hochschulen. Davon waren 106 Universitäten, 6 Pädagogische Hochschulen, 16 Theologische Hochschulen, 53 Kunsthochschulen, 217 FHs/HAWs und 30 Verwaltungsfachhochschulen. Vgl. https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/BildungForschungKultur/Hochschulen/Tabellen/HochschulenHochschularten.html (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

42 Die spezifischen Aufgaben der FHs/HAWs unterscheiden sich in den einzelnen Bundesländern. Vgl. Meurer (2018).

43 Vgl. EFI (2014: Kapitel A 3).

44 Vgl. https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/BildungForschungKultur/Hochschulen/Tabellen/HochschulenHochschularten.html (letzter Abruf am 17. Januar 2018), vgl. auch WR (2016: 16f.).

45 Vgl. https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/BildungForschungKultur/Hochschulen/Tabellen/StudierendeInsgesamtHochschulart.html;jsessionid=06871D7EB36C739C80531DA2A0C93AEA.cae1 (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

46 Vgl. (WR 2016: 16).

47 Vgl. (WR 2016: 87). Vermehrt werden an FHs/HAWs auch neue, zunehmend spezialisierte Berufsbilder etabliert, so etwa im Bereich der Gesundheits- und Pflegewissenschaften, was u.a. zu einer mittlerweile sehr hohen Zahl an Studiengängen (mehr als 6.000 im Jahre 2017) geführt hat. Vgl. zur Entwicklung des Studienangebotes in Deutschland Hachmeister (2017: 7).

48 Der Wissenschaftsrat konstatiert, dass die Hochschulgesetze der Bundesländer „bis in die neunziger Jahre hinein der Differenzierung von Bildungs- und Forschungsauftrag durch eine deutliche Unterscheidung der Hochschularten Rechnung getragen“ haben. WR (2002: 6).

49 Vgl. Meurer (2018) und WR (2016: 81f.). In den verschiedenen Bundesländern ist die Aufgabe der FHs/HAWs, FuE zu betreiben, unterschiedlich weit gefasst. In den meisten Landeshochschulgesetzen ist anwendungsorientierte bzw. praxisnahe Forschung als eigenständige Aufgabe genannt. In einigen Bundesländern sind die FuE-Tätigkeiten an die Lehre gebunden. Einzelne Hochschulgesetze erlauben auch implizit Grundlagenforschung, da der Aufgabenkatalog der Hochschulen hier nicht abschließend formuliert ist – so in Berlin. In einzelnen Hochschulgesetzen wird nicht zwischen Grundlagenforschung und angewandter bzw. praxisnaher Forschung unterschieden – so in Nordrhein-Westfalen. In Bremen wird bei den Aufgaben der Hochschulen – also auch bei der Forschung – nicht nach Hochschultypen unterschieden. Die Aufgabe der wissenschaftlichen Weiterbildung weisen einige Landeshochschulgesetze explizit auch den FHs/HAWs zu. Vgl. WR (2016: 21 und Fußnote 14). Mit der Aufgabe der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses allerdings sind die FHs/HAWs in den meisten Bundesländern nicht betraut. Vgl. hierzu und im Folgenden WR (2016: 82). Drei Landeshochschulgesetze weisen diese Aufgabe jedoch den Hochschulen im Allgemeinen zu. Gemäß dem Berliner Hochschulgesetz soll das Land mit den FHs/HAWs schrittweise Möglichkeiten zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses entwickeln. In Hessen beteiligen sich HAWs laut Hessischem Hochschulgesetz im Rahmen kooperativer Promotionen an der Heranbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses.

50 Die Bologna-Deklaration der europäischen Bildungsministerinnen und Bildungsminister von 1999 hatte zum Ziel, durch die Einführung eines Drei-Stufen-Modells – Bachelor, Master, Promotion – ein Studiensystem zu schaffen, das in aufeinander aufbauenden Sequenzen eine international vergleichbare, hochwertige und an individuelle Bedürfnisse angepasste Ausbildung ermöglicht. Vgl. http://www.europa.clio-online.de/quelle/id/artikel-3230 (letzter Abruf am 17. Januar 2018) und EFI (2010: 53). Bachelor- und Masterstudiengänge können in Deutschland gemäß Beschluss der KMK „sowohl an Universitäten und gleichgestellten Hochschulen als auch an Fachhochschulen eingerichtet werden, ohne die unterschiedlichen Bildungsziele dieser Hochschularten in Frage zu stellen“.

KMK (2010) und KMK (1999). An Universitäten und FHs/HAWs erworbene Masterabschlüsse berechtigen außerdem laut KMK grundsätzlich zur Promotion. Vgl. KMK (2003) und KMK (2010).

51 Der Wissenschaftsrat konstatiert: „Ihre anwendungsorientierte Lehre sowie zahlreiche Transferleistungen und Kooperationen in angewandter Forschung und Entwicklung machen die Fachhochschulen zu regionalen Innovationsmotoren und Vernetzungsinstanzen ersten Ranges". Nach Einschätzung des Wissenschaftsrates haben die FHs/HAWs die Wachstumsphase der vergangenen Jahre genutzt, „um vermehrt besondere fachliche und strukturelle Profilmerkmale auszuprägen und damit die empfohlene Differenzierung des Fachhochschulsektors ebenso wie die Binnendifferenzierung der Institutionen voranzutreiben". WR (2016: 6).

52 Vgl. Pfister et al. (2017). Die genauen Mechanismen konnten für die Schweiz noch nicht abschließend untersucht werden, aber erste Analysen von Lehnert et al. (2017) deuten darauf hin, dass die neu entstandene Verfügbarkeit von FH-Absolventinnen und -Absolventen zu einer Verstärkung des FuE-Personals in den lokal ansässigen Unternehmen geführt und damit das regional neu verfügbare Humankapital wesentlich zur Stärkung der Patentierungsaktivitäten beigetragen hat. Zu beachten ist allerdings, dass FHs in der Schweiz besonders hohe Komplementaritäten zur beruflichen Bildung aufweisen.

53 Auf Grundlage des Nationalen Bildungspanels (NEPS) wurde im Rahmen einer im Auftrag der Expertenkommission durchgeführten Studie die regionale Mobilität von FH-/HAW-Studierenden untersucht. Vgl. hierzu und im Folgenden Fichtl und Piopiunik (2017a: 45ff.). Im Wintersemester 2010/11 studierten 51 Prozent der FH-/HAW-Studierenden in dem Kreis, in dem sie die Hochschulzugangsberechtigung erworben hatten; bei Studienanfängerinnen und -anfängern an Universitäten lag der Anteil bei 41 Prozent. Die durchschnittliche Entfernung vom Schulkreis zum Hochschulkreis betrug bei Studienanfängerinnen und -anfängern an FHs/HAWs 59 Kilometer und bei Studienanfängerinnen und -anfängern an Universitäten 95 Kilometer. Die durchschnittlich höheren Entfernungen vom Schulkreis zum Universitätskreis können allerdings teilweise auf die geringere Anzahl von Universitäten zurückzuführen sein.

54 Vgl. im Folgenden Fichtl und Piopiunik (2017b: 23ff.). Es wurde eine Auswertung des Mikrozensus vorgenommen, da hier die überwiegende Tätigkeit am Arbeitsplatz sowie die Abteilung des Betriebs, in der die Befragten tätig sind, abgefragt werden. Die Kategorien der Erhebung sind zwar nicht exakt auf F&I-Aktivitäten zugeschnitten, jedoch erlauben sie eine Annäherung. Für die ifo-Studie wurden die Mikrozensus-Erhebungen aus den Jahren 2000, 2004, 2007 und 2011 verwendet, da nur in diesen Erhebungen die überwiegende Tätigkeit am Arbeitsplatz sowie die Abteilung des Betriebs, in der die Befragten tätig sind, abgefragt wurden. Dabei wurden nur erwerbstätige Hochschulabsolventinnen und -absolventen betrachtet, die ihren überwiegenden Lebensunterhalt durch eigene Erwerbstätigkeit finanzierten. Um eine systematische Vergleichbarkeit zwischen den Absolventinnen und Absolventen von FHs/HAWs und Universitäten herzustellen, wurden außerdem nur FH-/HAW- und Universitätsabsolventinnen und -absolventen in vergleichbaren Studienbereichen betrachtet. Dadurch wurden beispielweise Ärztinnen und Ärzte sowie Juristinnen und Juristen ausgeschlossen.

55 Der Anteil an FH-/HAW-Absolventinnen und -Absolventen sowie der Anteil an Universitätsabsolventinnen und -absolventen, die in Abteilungen für „Entwicklung, Konstruktion, Forschung, Design, Musterbau" tätig waren, lag bei je 16 Prozent. Jeweils knapp 12 Prozent der FH-/HAW-Absolventinnen und -Absolventen arbeiteten in Abteilungen für „Entwicklung, Konstruktion, Forschung, Design, Musterbau" und übten auch überwiegend F&I-Aktivitäten aus. Vgl. Fichtl und Piopiunik (2017b: 23ff.). Auch der Anteil der FH-/HAW- und Universitätsabsolventinnen und -absolventen, die in einem forschenden Betrieb arbeiteten, war mit 38 Prozent und 40 Prozent ähnlich hoch, wie Analysen des LIAB-Datensatzes zeigen. Vgl. hierzu und im Folgenden Fichtl und Piopiunik (2017b: 16ff.). Der Linked-Employer-Employee-(LIAB)-Datensatz besteht aus der Verknüpfung von Betriebsdaten des jährlichen IAB-Betriebspanels mit Individualdaten der Bundesagentur für Arbeit. Es wurden die Erhebungen 1998, 2004 und 2009 verwendet, da in diesen Jahren schwerpunktmäßig die FuE-Aktivitäten der Betriebe abgefragt wurden. Miteinander verglichen wurden FH-/HAW- und Universitätsabsolventinnen und -absolventen mit deutscher Staatsangehörigkeit, die den gleichen Beruf ausüben (damit wurden beispielsweise Ärztinnen und Ärzte sowie Juristinnen und Juristen ausgeschlossen).

56 Vgl. hierzu Schneider und Stenke (2015: 39ff.). Die Untersuchung basiert auf einer Sondererhebung zum wissenschaftlichen Forschungspersonal im Rahmen der FuE-Erhebung 2013 der Wissenschaftsstatistik GmbH im Stifterverband. Im Rahmen einer Studie des DZHW wurde die durchschnittliche Beschäftigungssuche von Hochschulabsolventinnen und -absolventen (Prüfungsjahrgangs 2013; Befragung bis ca. anderthalb Jahre nach dem Abschluss) erhoben, die teilweise bereits vor dem Studienabschluss beginnt. Sie betrug bei Beschäftigungssuchenden mit FH-/HAW-Studium für die Abschlussart Bachelor 3,5 und für die Abschlussart Master 3,7 Monate. Bei Beschäftigungssuchenden mit Universitätsstudium betrug sie für die Abschlussart Bachelor 3,5 Monate und für die Abschlussart Master 3,3 Monate. Vgl. Fabian et al. (2016: 119).

57 In dieser oder ähnlicher Weise fasst eine Reihe von Landeshochschulgesetzen die Aufgabe der Lehre an FHs/HAWs (z. B. Baden-Württemberg). Eine einheitliche Aufgabenbeschreibung aller Landeshochschulgesetze existiert nicht.

58 Vgl. WR (2016: 7). Im Rahmen seiner Empfehlungen zur Rolle der FHs im Hochschulsystem aus dem Jahr 2010 wies der Wissenschaftsrat darauf hin, dass er einen Anteil der FH-/HAW-Absolventinnen und -Absolventen von 65 Prozent an den Abschlussprüfungen im Hochschulsystem als adäquat betrachtet. Vgl. WR (2010: 43). Vgl. hierzu auch WR (2002: 90ff.).

59 Vgl. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, Referat IV C (2012).

60 Der Wissenschaftsrat stellt hierzu fest: „Der Primat der Lehre an Fachhochschulen spiegelt sich nach wie vor in höheren Curricularnormwerten bzw. kleineren Kerngruppen als an Universitäten sowie mehrheitlich professoraler Lehre mit der Konsequenz hoher Lehrdeputate.“ WR (2016: 20).

61 Die Studienabbruchquote deutscher Studierender in Bachelorstudiengängen an FHs/HAWs lag bei 19 Prozent für die Studienanfängerinnen und -anfänger 2006/2007, bei 23 Prozent für die Studienanfängerinnen und -anfänger 2008/2009 und bei 27 Prozent für die Studienanfängerinnen und -anfänger 2010/2011. Vgl. Heublein et al. (2017: 263ff.). Die Studienabbruchquote deutscher Studierender in Masterstudiengängen an FHs/HAWs betrug 7 Prozent für die Studienanfängerinnen und -anfänger 2010 und 19 Prozent für die Studienanfängerinnen und -anfänger 2012. Vgl. Heublein et al. (2017: 267ff.). Zu den Motiven vgl. Heublein et al. (2017: 17ff.).

62 Im Rahmen einer von Technopolis im Auftrag des BMBF durchgeführten Studie wurden u.a. auch FH-/HAW-Leitungen befragt. 77 Prozent der FH-/HAW-Leitungen sahen die grundständige Lehre (z. B. B.Sc., B.Eng.) als eine besondere Stärke der eigenen FH/HAW an – bei der weiterführenden Lehre (z. B. M.Sc., M.Eng.) waren es 39 Prozent. Des Weiteren nannten die FH-/HAW-Leitungen als besondere Stärken ihrer eigenen FH/HAW zu 54 Prozent die Zusammenarbeit mit Partnern aus der Praxis bzw. der Wirtschaft am Standort bzw. in der Region, zu 46 Prozent die angewandte FuE, zu 37 Prozent die Zusammenarbeit mit KMU sowie zu 27 Prozent den Wissens- und Technologietransfer. Vgl. hierzu Geyer et al. (2016: 6ff.).

63 Vgl. hierzu und im Folgenden Statistisches Bundesamt Fachserie 11, Reihe 4.3.2 und 4.5 sowie schriftliche Auskunft des Statistischen Bundesamtes vom 15. Dezember 2017.

64 Vgl. hierzu und im Folgenden Geyer et al. (2016: 41ff,).

65 Als Maßnahme mit sehr großem Potenzial zur nachhaltigen Verbesserung der Rahmenbedingungen für Forschung an FHs/HAWs nannten 83 Prozent der FH-/HAW-Leitungen die Erhöhung der Grundfinanzierung für Forschung, 81 Prozent die bessere Ausstattung für Forschung sowie 76 Prozent die Reduktion der Lehrverpflichtung der Professorinnen und Professoren. Zustimmungswerte von über 50 Prozent erhielten außerdem folgende Maßnahmen: mehr Möglichkeiten der Beteiligung der FH an Förderprogrammen des Bundes (69 Prozent), mehr Möglichkeiten der Beteiligung der FH an Förderprogrammen der DFG (67 Prozent), eigenständiges Promotionsrecht in FH-typischen und forschungsstarken Fächern (65 Prozent), mehr Möglichkeiten der Beteiligung der FH an Förderprogrammen des Landes sowie Berufung von Forschungsprofessorinnen und -professoren mit reduzierter Lehrverpflichtung. Vgl. Geyer et al. (2016: 68ff.).

66 Die Einstellungsvoraussetzungen sind im Hochschulrahmengesetz (§ 44) und in den Hochschulgesetzen der Länder genannt.

67 Vgl. hierzu auch WR (2016: 28ff.). Der Wissenschaftsrat weist darauf hin, dass sich die FHs/HAWs hier in bestimmten Fächern wie z. B. den Ingenieurwissenschaften auch mit Universitäten in einer Konkurrenzsituation befinden. Vgl. WR (2016: 29f.).

68 Laut einer vom BMBF geförderten Studie des DZHW konnten zwar nach einer ersten Ausschreibungsrunde nur 57 Prozent der im Zeitraum Juli 2013 bis Juni 2015 ausgeschriebenen Professuren besetzt werden. Allerdings konnte durch Mehrfachausschreibungen die Quote auf 84 Prozent erhöht werden (16 Prozent der Professuren an FHs/HAWs blieben folglich unbesetzt, wobei offen ist, wieviel Prozent dies bei Universitäten sind, da vergleichbare Zahlen nicht vorliegen). Bei dieser Betrachtung werden noch laufende Verfahren ausgeklammert. Bezieht man sie ein, so ergibt sich nach der ersten Ausschreibung folgendes Bild: 53 Prozent der Stellen wurden besetzt, 39 Prozent der Stellen konnten nicht besetzt werden, 8 Prozent der Berufungsverfahren liefen zum Zeitpunkt der Analyse noch. Der Status der Verfahren zum Zeitpunkt der Analyse der Datenerhebung, ggf. nach wiederholter Ausschreibung, stellte sich wie folgt dar: 71 Prozent der Stellen wurden besetzt, 14 Prozent der Stellen konnten nicht besetzt werden und 16 Prozent der Berufungsverfahren liefen zum Zeitpunkt der Analyse noch. Bei rund der Hälfte der ausgeschlossenen Bewerbungen wurde eine fehlende (außerhochschulische) Praxiserfahrung festgestellt. Vgl. Smitten et al. (2017).

69 Im Jahr 1992 hat das BMBF das Programm „Anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung an Fachhochschulen“ mit dem Ziel aufgelegt, den FHs/HAWs den Einstieg in die Forschung zu ermöglichen. Es folgte im Jahr 2004 das Programm „Angewandte Forschung an Fachhochschulen im Verbund mit der Wirtschaft FH3“, bei dem Forschungskooperationen mit Unternehmen im Fokus standen. Das Programm „Forschung an Fachhochschulen“ lief im Jahr 2006 an. Vgl. BMBF (2016d: 6).

70 Vgl. Bundesanzeiger (2013).

71 Vgl. Bundesanzeiger (2013).

72 Vgl. https://www.foerderinfo.bund.de/de/forschung-an-fachhochschulen-956.php (letzter Abruf am 17. Januar 2018). Das Programm „Forschung an Fachhochschulen“ umfasst mehrere Förderlinien: FHprofUnt (Forschung an Fachhochschulen mit Unternehmen), IngenieurNachwuchs (Kooperative Promotion), FH-Sozial (Lebensqualität durch soziale Innovationen), FHInvest (Förderung von strategischen Investitionen an Fachhochschulen), FH-Impuls (Starke Fachhochschulen – Impuls für die Region), EU-Antrag-FH und EU-Strategie-FH.

73 Vgl. https://www.bmbf.de/de/forschung-an-fachhochschulen-543.html (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

74 Zentrale Ziele der Förderinitiative „Innovative Hochschule“ sind gemäß der Bund-Länder-Vereinbarung die „Stärkung der strategischen Rolle der Hochschulen im regionalen Innovationssystem“ sowie die „Unterstützung der Hochschulen, die bereits über eine kohärente Strategie für ihre Interaktion mit Wirtschaft und Gesellschaft sowie Strukturen und Erfahrungen im Ideen-, Wissens- und Technologietransfer verfügen, in der Profilierung im Ideen-, Wissens- und Technologietransfer der gesamten

Hochschule oder in ausgewählten thematischen Bereichen der Hochschule.“ GWK (2016).

75 GWK (2016). Als mögliche Vorhaben für die Zusammenarbeit mit Wirtschaft, Kultur und Gesellschaft werden in der Bund-Länder-Vereinbarung strategische Maßnahmen, strukturelle Maßnahmen und Umsetzungsprojekte genannt. Die Richtlinie zur Umsetzung der Bund-Länder-Vereinbarung nennt in diesem Zusammenhang mögliche Förderinhalte, die nicht als abschließende Aufzählung zu sehen sind. Vgl. BMBF (o.J.).

76 Vgl. GWK (2016).

77 Vgl. GWK (2016).

78 Vgl. BMBF (o.J.).

79 Vgl. zu den für die Förderung ausgewählten Vorhaben GWK (2017).

80 Vgl. hierzu und im Folgenden DFG (2014).

81 Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Projektakademie können bei der DFG das Modul „Vertretung“ beantragen, das es ihnen ermöglichen soll, sich für eine begrenzte Zeit von Lehr- und Verwaltungsaufgaben freistellen zu lassen. Vgl. DFG (2014).

82 Vgl. im Folgenden WR (2016).

83 Die Inhaberinnen und Inhaber von Schwerpunktprofessuren übernehmen Aufgabenschwerpunkte in definierten Leistungsbereichen. Die Vergabe von Schwerpunktprofessuren soll gemäß Wissenschaftsrat befristet und leistungsorientiert erfolgen. Vgl. WR (2016).

84 Bei Tandem-Programmen sollen Personalentwicklungsmaßnahmen gemeinsam von einer oder mehreren FHs/HAWs und mehreren Unternehmen und/oder Einrichtungen entwickelt und einer ausgewählten Gruppe außerhochschulischer Beschäftigter angeboten werden. Vgl. WR (2016).

85 Kooperationsplattformen sollen die institutionelle, finanzielle und rechtliche Basis für Transferprozesse zwischen FHs/HAWs, Universitäten und außerhochschulischen Partnern darstellen. Vgl. WR (2016).

86 Vgl. hierzu und im Folgenden HRK (2016).

87 Vgl. hierzu und im Folgenden Meurer (2018) sowie die dort angegebene Literatur.

88 Vgl. hierzu im Einzelnen Meurer (2018).

89 Vgl. beispielsweise https://www.tu9.de/tu9/6425.php (letzter Abruf am 17. Januar 2018), U15 (2014), DHV (2013) und Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften (2017). Der Wissenschaftsrat postuliert, dass das Promotionsrecht der Universitäten mit einer Pflicht zur Kooperation mit Einrichtungen verbunden ist, die über kein eigenständiges Promotionsrecht verfügen, sich aber an der Qualifizierung des wissenschaftlichen Nachwuchses beteiligen. Vgl. zuletzt WR (2016: 57).

90 In Großbritannien und den USA gibt es die Unterscheidung zwischen einem Ph.D. und einem Professional Doctorate. Die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, die acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und die Union der deutschen Akademien der Wissenschaften weisen darauf hin, dass in Großbritannien die Wertigkeit des Doktorgrades in höherem Maße als in anderen Ländern von der Institution, die den Titel vergibt, und vom Typ der Promotion abhängt. Vgl. Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften (2017: 30ff.).

91 Vgl. hierzu im Einzelnen Meurer (2018).

92 Die Promotionszentren „Sozialwissenschaften mit den Schwerpunkten Globalisierung, Europäische Integration und Interkulturalität“ sowie „Public Health“ sind an der Hochschule Fulda angesiedelt. Das Promotionszentrum „Soziale Arbeit“ wird gemeinsam von der Hochschule RheinMain, der Frankfurt University of Applied Sciences und der Hochschule Fulda getragen. Das Promotionszentrum „Angewandte Informatik“ wird von der Hochschule Darmstadt (HDA), der Frankfurt University of Applied Sciences, der Hochschule Fulda und der Hochschule RheinMain getragen. Vgl. Hessischer Landtag (2017) und gemäß telefonischer Auskunft des Hessischen Ministeriums für Wissenschaft und Kunst vom 22. November 2017.

93 Bad Wiesseer Kreis – Mitgliedergruppe der Fachhochschulen in der HRK (2014).

94 Vgl. DHV (2013).

95 Die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, die acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und die Union der deutschen Akademien der Wissenschaften konstatieren in ihrer Stellungnahme zur Promotion im Umbruch: „Es wäre misslich, wenn der Doktorgrad in seiner Wertigkeit abhängig von der vergebenden Institution oder den gesetzlichen Sonderregelungen einzelner Bundesländer würde“. Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften (2017: 46).

96 Vgl. EFI (2017); EFI (2013).

97 So hat die Mitgliedergruppe der FHs/HAWs in der Hochschulrektorenkonferenz (HRK) empfohlen, eine Deutsche Transfergesellschaft (DTG) zu gründen. Die DTG solle den auf anwendungsbezogener Forschung basierenden Technologietransfer unterstützen und neben Projektförderung auch Unternehmensgründungen und den Aufbau von Kooperationsstrukturen ermöglichen. Vgl. Mitgliedergruppe der Fachhochschulen/Hochschulen für Angewandte Wissenschaften in der HRK (2017).

A 4

98 Vgl. http://www.cebit.de/de/news-trends/news/data-scientists-erobern-unternehmen-und-universitaeten-1443 (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

99 Vgl. EFI (2016: 79).

100 Die Klassifikation der Berufe 2010 (KldB 2010) wurde von der Bundesagentur für Arbeit entwickelt und ist seit dem 1. Januar 2011 gültig. Die Zuordnung zu einem Beruf richtet sich nach der ausgeübten Tätigkeit. So wird z. B. eine erwerbstätige Person mit Informatik-Abschluss, die geschäftsführend tätig ist, statistisch nicht in der Gruppe der Informatiker/innen ausgewiesen, sondern in der Berufsgruppe Geschäftsführung. Vgl. Bundesagentur für Arbeit (2017b: 16) sowie https://statistik.arbeitsagentur.de/Navigation/Statistik/Grundlagen/Klassifikation-der-Berufe/KldB2010/KldB2010-Nav.html (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

101 Die Anzahl der Erwerbstätigen in der Berufsgruppe Informatik, Informations- und Kommunikationstechnologie

belief sich im Jahr 2015 auf 655.900. Vgl. http://bisds.iab.de/Default.aspx?beruf=BHG43&region=1&qualifikation=0 (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

102 Mit der ICIL-Studie 2013 wurden erstmals Informationskompetenz und Computerkenntnisse von Schülerinnen und Schülern der 8. Jahrgangsstufe weltweit miteinander verglichen. In Deutschland wurden die Tests und Befragungen an 142 Schulen in allen Bundesländern mit einer Stichprobe von insgesamt 2.225 Schülerinnen und Schülern durchgeführt. Verantwortet wird ICILS – wie auch PISA, IGLU und TIMSS – von der International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA). Vgl. Bos et al (2014): Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich. Vgl. Bos et al. (2014: 12).

103 Vgl. Bos et al. (2014: 105).

104 Das ICILS-Autorenteam verwendet das englisch-deutsche Begriffspaar Literacy-Ansatz. Vgl. Bos et al. (2014: 10).

105 Vgl. Bos et al. (2014: 10).

106 Vgl. Bos et al. (2014: 10).

107 Vgl. http://kw.uni-paderborn.de/institut-fuer-erziehungswissenschaft/arbeitsbereiche/schulpaedagogik/forschung/forschungsprojekte/computational-thinking/ (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

108 Umfrage des Digitalverbands Bitkom vom November 2016. Vgl. BITKOM (2016). Im Juni 2017 diagnostizierte die Bundesagentur für Arbeit Engpässe hinsichtlich der Fachkräfteverfügbarkeit in ihrer sogenannten Fachkräfteengpassanalyse (auf Grundlage der durchschnittlichen Vakanzzeit von sozialversicherungspflichtigen Arbeitsstellen bei Abgang in Tagen) für folgende technische Berufsfelder: Klempnerei, Sanitär, Heizung, Klima (156 Tage); Energietechnik (148 Tage); Softwareentwicklung und Programmierung (144 Tage); Fahrzeugtechnik (139 Tage); Bau (130 Tage). Engpässe werden zudem für folgende Gesundheits- und Pflegeberufe diagnostiziert: Altenpflege (167 Tage); Physiotherapie (144 Tage); Gesundheits- und Krankenpflege (140 Tage); Humanmedizin (128 Tage). Durchschnittliche Vakanzzeit für alle Berufe: 100 Tage. Vgl. Bundesagentur für Arbeit (2017a: 7).

109 Zu diesem Ergebnis kommt der Personaldienstleister Adecco. Vgl. Kuri (2017).

110 Vgl. Ermisch (2017).

111 Nach Aussage der Bundesagentur für Arbeit werden insbesondere Expertinnen und Experten in der Softwareentwicklung und IT-Anwendungsberatung gesucht, deren Kenntnisse einem mindestens vierjährigen Informatikstudium entsprechen. Vgl. Bundesagentur für Arbeit (2017b).

112 Die Umfrage wurde vom Betreiber der Internetplattform Stack Overflow durchgeführt. Weitere 53,6 Prozent der Befragten gaben an, dass das Angebot an qualifizierten Fachkräften größer sein könnte. Nur 5,8 Prozent der Befragten gaben an, genügend Kandidaten für freie Positionen zu finden. Die Liste der gesuchten Entwickler führen Full-Stack-Webentwickler Java mit 47,1 Prozent an, gefolgt von Webentwickler Backend und Frontend mit 43,9 Prozent beziehungsweise 37,4 Prozent. Vgl. Menge-Sonnentag (2017).

113 Bildungspolitik obliegt in Deutschland aufgrund der föderalen Struktur den Ländern. Nicht in allen Bundesländern wird das Schulfach Informatik überhaupt unterrichtet (bisher nur in Saarland, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein). Offizielle tabellarische Übersichten zum derzeitigen Einsatz von Informatik/Programmieren als Schulfach in Deutschland existieren nicht.

114 Die zuletzt im Jahr 2013 durchgeführte internationale Vergleichsstudie ICILS konstatiert hierzu: In den Schulen in Deutschland, die von Achtklässlerinnen und Achtklässlern besucht werden, liegt das Schüler-Computer-Verhältnis bei 11,5 zu 1 und somit im Bereich des Mittelwerts der EU-Staaten, die 2013 an ICILS teilgenommen haben (11,6:1). Deutlich günstiger allerdings fällt das Verhältnis in ausgewählten anderen Ländern aus, wie z. B. in Norwegen (2,4:1). Etwa 40 Prozent der Lehrkräfte in Deutschland, die in der 8. Jahrgangsstufe unterrichten, bewerten die vorhandene technische Ausstattung an ihren Schulen als veraltet oder geben an, dass der Internetzugang an der Schule eingeschränkt ist. Nur 6,5 Prozent der Achtklässlerinnen und Achtklässler in Deutschland stehen Tablets für den Unterricht oder das Lernen zur Verfügung. Dieser Anteil ist geringer als der Anteil in der Vergleichsgruppe EU (15,1 Prozent), deutlich geringer auch im Vergleich zu anderen Ländern wie z. B. Australien (63,6 Prozent). Vgl Bos et al. (2014: 18). Zum leicht positiven Trend der letzten Jahre vgl. Lorenz et al. (2017).

115 Die internationale Vergleichsstudie ICILS zeigt, dass der Anteil an Lehrkräften in Deutschland, der an Fortbildungen zur Nutzung digitaler Medien im Unterricht in den letzten zwei Jahren vor der Erhebung der Daten (2013) teilgenommen hat, bezüglich verschiedener Fortbildungsbereiche bei durchweg unter 20 Prozent liegt. Dieses Ergebnis stellt sich im internationalen Vergleich als unterdurchschnittlich dar. Vgl Bos et al. (2014: 19).

116 Vgl. Esterházy (2017).

117 Vgl. Brand eins (2016).

118 Vgl. https://www.raspberrypi.org/resources/teach/ (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

119 Das zugehörige Projekt wird vom BMWi gefördert. Zuvor gab es bereits ähnliche Projekte des BMBF.

120 Vgl. Breiter et al. (2017).

121 Der vom BMBF vorgeschlagene DigitalPakt Schule zwischen Bund und Ländern sah von Seiten des Bundes ursprünglich Investitionsmittel in Höhe von fünf Milliarden Euro über fünf Jahre vor. Vgl. BMBF (2016a). Diese Mittel waren in der Haushaltsplanung jedoch noch nicht berücksichtigt worden.

122 Vgl. Adler und Salvi (2017: 64) sowie Soldt (2018).

123 Vgl. EFI (2016: 56).

124 Zu den vier Kern-IT-Ausbildungsberufen zählen Fachinformatiker/in mit den beiden Fachrichtungen Anwendungsentwicklung und Systemintegration, Informatikkaufmann/-kauffrau, IT-System-Elektroniker/in sowie IT-System-Kaufmann/-Kauffrau. Häufig wird noch ein fünfter Beruf zum IT-Bereich hinzugezählt (Mathematisch-technische/r Softwareentwickler/in). Der Anteil abgeschlossener Ausbildungsverträge im IT-Bereich wuchs von knapp 4 Prozent im Jahr 2006 auf etwa 5,2 Prozent im

Jahr 2016. Gemäß eigenen Berechnungen auf Basis von DIHK-Daten.

125 Das gemeinsam vom BMWi sowie dem BMBF beauftragte Projekt wurde u. a. durch einen Beirat von Bitkom und bitmi, dem Kuratorium der deutschen Wirtschaft für Berufsbildung sowie der Kultusministerkonferenz der Länder (KMK) begleitet. Vgl. Esser et al. (2016).

126 Jeweils mehr als 30 Prozent der Befragten stimmten der Aussage zu (trifft eher zu/trifft voll und ganz zu), dass die Bezeichnung ihres IT-Berufs weniger attraktiv für weibliche potenzielle Auszubildende sei. Vgl. Esser et al. (2016: 97).

127 Vgl. Esser et al. (2016: 95).

128 Vgl. EFI (2014: 30ff.).

129 Vgl. Bundesagentur für Arbeit (2017b).

130 Insgesamt verzeichnete der Studienbereich Informatik im Studienjahr 2015/2016 rund 194.000 Studierende (ohne Lehramt). Das waren 12.000 oder 7 Prozent mehr als im Jahr zuvor. Der Anteil der Frauen belief sich auf 20 Prozent. Seit der Jahrtausendwende sind auch die Absolventenzahlen der Informatikstudiengänge stetig gewachsen. Rund 24.500 Informatikerinnen und Informatiker schlossen 2015 ihr Studium erfolgreich ab, was einem Zuwachs von 9 Prozent im Vergleich zum Vorjahr entspricht.

131 Gemäß eigenen Berechnungen auf Basis von Daten der Bundesagentur für Arbeit.

132 In Bezug auf andere IT-Verschränkungsfächer sind im selben Zeitraum jedoch auch teils stagnierende oder sogar rückläufige Entwicklungen zu beobachten, die bedenklich stimmen: So ging der Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger in der Bioinformatik von 0,14 auf 0,09 Prozent zurück, in der Ingenieurinformatik/Technischen Informatik stagnierte der Anteil bei knapp 0,6 Prozent. In der Medizininformatik dagegen verdoppelte sich der Anteil von 0,07 auf 0,15 Prozent. Vgl. Bundesagentur für Arbeit (2017b).

133 Vgl. https://data.berkeley.edu/education (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

134 Vgl. http://www.oec.uzh.ch/de/studies/general/regulations.html (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

135 Vgl. EFI (2015: 50ff.).

136 Vgl. SGD (2017: 7).

137 Ausgewählt wurden 100 zum Stichtag 1. November 2017 zufällig gezogene Prime-Standard-Unternehmen der Frankfurter Wertpapierbörse mit Hauptsitz in Deutschland (Ausnahme: AirBerlin mit Sitz in Großbritannien und Airbus mit Hauptsitz in den Niederlanden).

138 Berücksichtigt wurden die folgenden Studiengänge und Berufsausbildungen: Informatik, Informationswirtschaft, Software Development, Ingenieurinformatik/Technische Informatik, Nachrichtentechnik, Telekommunikation, Elektronik mit Schwerpunkt Nachrichtentechnik, Kommunikationselektronik sowie Wirtschaftsinformatik. Vorstände mit einem Bildungshintergrund in Bioinformatik, Computerlinguistik, Medieninformatik, Medizinischer Informatik oder Wirtschaftsinformatik fanden sich nicht in der Stichprobe. Von den 23 identifizierten Vorständen haben einen Informatikhintergrund: 3 aus dem Bereich Informatik; 2 Dipl.-Ing. mit Informatikschwerpunkt; 2 Mathematik mit Nebenfach Informatik; 2 Nachrichtentechnik; 2 Wirtschaftsinformatik; 2 Informatik-Betriebswirte; Rest jeweils nur einfach vertreten. Der Umstand, dass auch Bereiche wie Nachrichtentechnik einbezogen wurden, zeigt, dass es sich bei den angegebenen 5,1 Prozent um eine eher konservative Schätzung handelt.

139 Die Europäische Union hat 2016 in ihrer New Skills Agenda for Europe ebenfalls eine Reihe bildungspolitischer Prioritäten definiert, die u. a. den Themenbereich digitale Komptenzen betreffen. Vgl. http://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=1223 sowie https://www.na-bibb.de/themen/skills-agenda/ (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

140 Zusätzlich werden Pilotprojekte in acht Kompetenzzentren und ihre Vernetzung gefördert. Projektteams untersuchen die Auswirkungen der Digitalisierung auf die überbetriebliche Ausbildung in verschiedenen Berufen und erarbeiten innovative berufspädagogische Konzepte. Diese werden in den Ausbildungskursen erprobt und anschließend verbreitet. Vgl. BMBF (2017a).

141 Vgl. https://www.qualifizierungdigital.de/de/programm-23.php (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

142 Vgl. http://www.esf.de/portal/DE/Startseite/inhalt.html (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

143 Das Förderprogramm JOBSTARTER plus startete im Jahr 2014 im Rahmen der Europäische-Sozialfonds-(ESF)-Förderperiode 2014 bis 2020 und löste das seit 2006 laufende Programm JOBSTARTER ab. Die Themenschwerpunkte leiten sich u.a. aus der Allianz für Aus- und Weiterbildung 2015 bis 2018 ab, die im Dezember 2014 von der Bundesregierung, den Spitzenverbänden der deutschen Wirtschaft, den Gewerkschaften, der Bundesagentur für Arbeit und den Ländern beschlossen wurde. Das BMBF und der ESF stellen für das Programm rund 108 Millionen Euro bereit. Vgl. https://www.jobstarter.de/de/wer-wir-sind-97.php (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

144 Vgl. Esser et al. (2016).

145 Vgl. BMBF (2016a).

146 Vgl. https://hpi.de/open-campus/hpi-initiativen/schulcloud.html (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

147 Der Wettbewerb wendet sich an Schülerinnen und Schüler aller Altersstufen, die erste Kenntnisse im algorithmischen Denken und Programmieren unter Beweis stellen wollen. Rund um den Wettbewerb werden Kindern und Jugendlichen viele Lernangebote gemacht, die in der Regel online und kostenfrei sind. Vgl. BMBF (2017b).

148 Vgl. BMBF (2016a).

B 1

149 Vgl. etwa Gordon (2012) oder Lindsey (2015).

150 Vgl. beispielsweise Bertschek et al. (2014).

151 Länder nahe der Technologiegrenze/Community Innovation Surveys (CIS)-Länder plus Schweiz.

152 Vgl. im Folgenden Peters et al. (2018).

153 Die USA gelten hinsichtlich der nationalen Produktivitätsentwicklung als am besten untersucht. Dabei wird hinsichtlich des Produktivitätswachstums seit dem Zweiten Weltkrieg häufig zwischen vier Perioden unterschieden (hier anhand der Arbeitsproduktivität):
– 1947 bis 1973: durchschnittlich 2,7 Prozent pro Jahr
– 1974 bis 1994: durchschnittlich 1,5 Prozent pro Jahr

– 1995 bis 2004: durchschnittlich 2,8 Prozent pro Jahr
– 2005 bis 2015: durchschnittlich 1,3 Prozent pro Jahr
Der erste Rückgang des Produktivitätswachstums gilt als gut untersucht; über seine Ursachen wird jedoch auch heute noch debattiert, vgl. Bloom et al. (2017) auf Basis von Daten des US Bureau of Labor Statistics. Nach Fernald (2014) begann der zweite Rückgang (ab 2005) vor der großen Rezession und ist nicht mit den geplatzten Blasen im Immobilien- und Finanzmarkt 2008 verbunden. Die Gruppenunterschiede sind jeweils statistisch signifikant. Vgl. Bloom et al. (2017).

154 Die OECD verwendet abweichend den Begriff Multifaktorproduktivität (MFP), um zu verdeutlichen, dass nicht alle Einflussfaktoren der Produktivität erfasst werden können. Vgl. https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=3091 (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

155 Ihre zeitliche Veränderung wird im Rahmen der sogenannten Wachstumszerlegung indirekt aus dem Vergleich der Wachstumsbeiträge der anderen Input-Faktoren zum Gesamtwachstum bestimmt (Solow-Wachstumszerlegung). Hierbei wird der Beitrag eines Input-Faktors zum Gesamtwachstum mit der jeweiligen Input-Elastizität des Outputs gewichtet. Diese Gewichtung ergibt sich unmittelbar aus der Wachstumszerlegung. Für linear-homogene Produktionsfunktionen (wie die Cobb-Douglas-Produktionsfunktion) und kompetitive Faktormärkte entsprechen die gesuchten Input-Elastizitäten den jeweiligen Einkommensanteilen der zugehörigen Input-Faktoren (die sich empirisch als Lohneinkommen und Kapitalrenditen im Verhältnis zum Gesamteinkommen messen lassen), da sich die Faktorpreise aus den jeweiligen Grenzproduktivitäten ergeben. Vgl. beispielsweise Acemoglu (2009: 77ff.).

156 Das TFP-Wachstum als Restwert der Wachstumszerlegung wird in der Literatur auch als Solow-Residuum bezeichnet.

157 Vgl. Comin (2008). Diese Interpretation unterliegt jedoch verschiedenen Annahmen. Hierzu gehören insbesondere konstante Skalenerträge (d. h., dass bei einer Verdopplung aller Input-Faktoren auch der Output exakt verdoppelt wird), eine effiziente Produktion und kompetitive Faktormärkte (d. h., dass der Arbeitslohn der (Wert-)Grenzproduktivität des Input-Faktors Arbeit und die Kapitalrendite der (Wert-) Grenzproduktivität des Input-Faktors Kapital entspricht). Viele dieser Annahmen halten der Realität allerdings nur bedingt stand.

158 Das TFP-Maß basiert hier konkret auf einer Produktionsfunktion, die die Input-Faktoren Kapital, Arbeit und Humankapital berücksichtigt. Arbeit entspricht der Anzahl an Beschäftigten einer Volkswirtschaft. Sie wird gewichtet mit der – aus der durchschnittlichen Anzahl von Schuljahren und der angenommenen Bildungsrendite generierten – Humankapitalvariable. Die Kapitalvariable wird auf Basis der Investitionen eines Landes geschätzt und als Maß für den Output wird das BIP verwendet. Die TFP wird nach der von Feenstra et al. (2015) verwendeten Methode berechnet. Vgl. Peters et al. (2018: 22).

159 Vgl. Peters et al. (2018: 23), Berechnungen auf Basis von Penn World Table 9.0-Daten.

160 Grund für die Entwicklung in der Periode 1990 bis 1994 ist wohl, dass in Ostdeutschland mit einem nahezu vollständig abgeschriebenen Kapitalstock positiver Output produziert wurde.

161 Vgl. Elstner et al. (2016). Beim Produktionsfaktor Kapital wird zusätzlich zwischen IKT-Kapital und Nicht-IKT-Kapital unterschieden. Vgl. Elstner et al. (2016: 5).

162 Vgl. zusammenfassend beispielsweise Acemoglu (2009), Aghion und Howitt (2009) oder Barro und Sala-i-Martin (2003).

163 Vgl. EFI (2017).

164 Die Wissenswirtschaft umfasst die FuE-intensiven Industrien und die wissensintensiven Dienstleistungen. Vgl. hierzu im Einzelnen Kapitel D 4.

165 Im selben Zeitraum sind die Schließungsraten in der Wissenswirtschaft konstant geblieben. Vgl. EFI (2017).

166 Exakt definiert ist die Innovatorenquote der Anteil der Unternehmen, die innerhalb eines dreijährigen Referenzzeitraums zumindest eine Produkt- oder Prozessinnovation eingeführt haben, an allen Unternehmen. Vgl. Rammer et al. (2018: 6).

167 Die Community Innovation Surveys (CIS) sind eine Reihe statistischer Erhebungen, ausgeführt durch nationale Einrichtungen in den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union sowie in Norwegen und Island. Die EU-weit auf Basis des sogenannten Oslo-Handbuchs harmonisierten Erhebungen dienen der Abbildung und Analyse von Innovationsaktivitäten. Darüber hinaus existieren auch Erhebungen in Nicht-EU-Ländern, die sich ebenfalls an den Maßgaben des Oslo-Handbuchs orientieren. Vgl. Rammer et al. (2018: 6).

168 Zudem hat der Anteil der Unternehmen mit Marketing- und Organisationsinnovationen 2006 bis 2016 merklich abgenommen, d. h. es gab keine Kompensation von Produkt- und Prozess- durch Marketing- und Organisationsinnovationen. Auf die Innovatorenquote haben neue Innovationstrends daher nach Einschätzung des ZEW keine Auswirkungen. Gemäß schriftlichen Auskünften des ZEW.

169 Die gezeigten Daten beziehen auch die erste CIS-Erhebung ein (Referenzzeitraum 1990 bis 1992), die nur für Deutschland vorliegt. Im Rahmen der ersten CIS-Erhebung wurden keine international vergleichbaren Ergebnisse publiziert. Vgl. Rammer et al. (2018: 6).

170 Es handelt sich um Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Irland, Italien, Luxemburg, die Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden und Spanien.

171 Der Rückgang erfolgte im Wesentlichen zwischen 1996 und 2000 und zwischen 2008 und 2012. Von 2000 bis 2008 blieb die Innovatorenquote bei ca. 40 Prozent stabil.

172 Vgl. Bloom et al. (2017). Dass in den USA trotz allem gesamtwirtschaftlich ein vergleichsweise stabiles Wachstum zu beobachten war, wird auf das starke Wachstum der Forschungsaktivitäten zurückgeführt, das die fallende Forschungseffizienz kompensieren konnte.

173 Unklar bleibt, welche Forschenden einbezogen wurden, und insbesondere, ob Forschende an Hochschulen eingerechnet wurden, deren Wissensoutput schwer zu erfassen ist.

174 Bloom et al. (2017) ersetzen diesen Indikator in disaggregierten Untersuchungen auf Industrieebene beispielsweise durch die Veränderung der Anzahl von Transistoren pro Chip oder das Verhältnis der zusätzlichen Lebensjahre für Menschen im Alter von 55 bis 64.

175 Vgl. Peters et al. (2018: 38).

176 Hierzu zählen weitere immaterielle Vermögensgegenstände, Spillover, eine eventuelle Fehlallokation von Ressourcen sowie Alter und Qualität des eingesetzten Sachkapitalbestands. Ansätze zur Schätzung der Ertragsrate von FuE erlauben dagegen entweder für diese Einflüsse zu kontrollieren oder sie nehmen diese zumindest statistisch im Störterm mit auf. Vgl. Peters et al. (2018: 37ff.). Darüber hinaus findet die Wissensakkumulation oder Abschreibung von Wissen im gezeigten Ansatz keine Berücksichtigung.

177 Zur Definition transnationaler Patente vgl. Glossar.

178 Gemäß schriftlicher Auskunft des Fraunhofer ISI vom 24. November 2017.

179 Eine weitere Ursache, die hier nicht vertieft diskutiert wird, betrifft den wirtschaftlichen Strukturwandel, also die Verlagerung der Beschäftigungs-, Wertschöpfungs- oder Produktionsanteile zwischen den Sektoren einer Wirtschaft. Vgl. Baumol (1967) und Baumol (2012). Dort wird der Grund für das geringere Produktivitätswachstum im Strukturwandel gesehen. Die These lautet, dass sich die Nachfrage mit zunehmendem Einkommen und zunehmender internationaler Arbeitsteilung weg von der Industrie hin zu anderen Sektoren wie dem Dienstleistungssektor verschiebt, in denen die technologischen Möglichkeiten für Innovationen und Produktivitätszuwächse geringer seien. Gleichzeitig sei es im Zuge der Digitalisierung innerhalb der Dienstleistungen zu strukturellen Verschiebungen gekommen. In Deutschland haben neben den hier diskutierten weltweit wirkenden Faktoren weitere landesspezifische Effekte zum Rückgang der Produktivitätsentwicklung seit 2005 beigetragen. Vgl. beispielsweise Elstner et al. (2016). So hatte die Verlagerung arbeitsintensiver bzw. unproduktiverer Wertschöpfungsstufen ins Ausland in den Jahren 1995 bis 2005 noch zu gesamtwirtschaftlich positiven Produktivitätseffekten geführt. Die Auslandsverlagerungen des verarbeitenden Gewerbes sind im Jahr 2009 jedoch weitestgehend zum Erliegen gekommen. Vgl. SVR (2015: 282). Gleichzeitig gelang ab dem Jahr 2005 eine fortschreitende Integration geringqualifizierter Arbeitskräfte in den Arbeitsmarkt, wodurch die Arbeitsproduktivität sank. Die jüngsten Produktivitätsentwicklungen anderer Länder sind teils von gänzlich unterschiedlichen Effekten geprägt. Hierzu zählt u. a., wie stark ein Land von der Finanzkrise 2008/2009 betroffen war, oder beispielsweise singuläre Ereignisse wie die (aus heutiger Perspektive vorausschauende) Diskussion um den Brexit in Großbritannien, durch die zwischenzeitlich ein Rückgang des Wachstums von 3,1 Prozent im Jahr 2014 auf 1,8 Prozent im Jahr 2016 zu verzeichnen war. Vgl. Peters et al. (2018: 105). In Frankreich trugen u. a. Fehlentwicklungen am Arbeitsmarkt dazu bei, dass das einstmals beispiellose Produktivitätswachstum (etwa 5,5 Prozent durchschnittliches jährliches Wachstum der Arbeitsproduktivität auf Basis technologischer Treiber aus den Bereichen Elektrizität, Verbrennungsmotoren und Chemikalien) in den 1960er Jahren zuletzt deutlich unter 1 Prozent sank. Vgl. Peters et al. (2018: 117ff.).

180 Für eine aktuelle methodische Übersicht über Herausforderungen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung vgl. insbesondere Syverson (2017) und Byrne et al. (2016) sowie Bean (2016).

181 Nordhaus (2008) erwartet beispielsweise, dass die Digitalisierung das Produktivitätswachstum in den kommenden Jahren und Jahrzehnten dramatisch beschleunigen wird (sogenannte Singularitätshypothese).

182 Der Begriff des Produktivitätsparadoxons geht auf Robert M. Solow zurück, der 1987 schrieb: „You can see computers everywhere but in the productivity statistics“. Vgl. Solow (1987).

183 Vgl. insbesondere Brynjolfsson und McAfee (2014) und den evolutionsökonomischen Blick auf den IKT-Wandel bei Perez (2002), dem zufolge die Digitalisierung sich erst in ihrer „Installationsphase“ befindet. “Creative destruction is taking place right now”. Vgl. auch van Ark (2016).

184 Vgl. zusammenfassend Peters et al. (2018), Shea et al. (2011) und Kreuchauff (2015: 13f.).

185 Vgl. beispielsweise Forth und Mason (2006).

186 Vgl. OECD (2016).

187 1Vgl. beispielsweise Bartel et al. (2007), OECD (2016), Autor et al. (2003) sowie Falk und Biagi (2016).

188 Allgemein zeigen verschiedene empirische Studien einen positiven Effekt des Humankapitals auf die Produktivität. So haben Black und Lynch (1996) für amerikanische, Konigs und Vanormelingen (2010) für belgische sowie Crass und Peters (2014) für deutsche Unternehmen einen positiven Einfluss von Weiterbildungsaufwendungen auf die Produktivität gefunden. Für den Anteil hochqualifizierter Beschäftigter zeigen dies in ähnlicher Weise beispielsweise Black und Lynch (2001) für amerikanische Unternehmen, Crass und Peters (2014) für deutsche Unternehmen und Bartelsman et al. (2013) für niederländische und deutsche Unternehmen. Speziell bezogen auf IT-Kompetenzen existieren einige ökonometrische Untersuchungen, die mögliche Produktivitätseffekte des IT-Fachkräftemangels bzw. mangelnder IT-Kenntnisse und Fähigkeiten der Beschäftigten indirekt messen. Vgl. beispielsweise Hagsten und Sabadash (2017). Mittlerweile werden auf internationaler Ebene Anstrengungen unternommen, um die (IT-) Kompetenzen von Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern besser zu erfassen. Das OECD-Programme for the International Assessment of Adult Competencies (PIAAC) sowie der CEDEFOP European Skills and Jobs (ESJ) Survey sind Beispiele für breit angelegte Umfragen zu diesem Themenkomplex. Vgl. Peters et al. (2018: 89).

189 Oft müssen beispielsweise Zwischenprodukte erst ressourcen- und zeitaufwendig erforscht und produziert werden, was gleichzeitig verminderte Investitionen in anderen Teilen der Wirtschaft zur Folge hat, vgl. Helpman und Trajtenberg (1998). Die Argumentation stützt sich u. a. auf David (1990) respektive David (1991).

190 Vgl. EFI (2017).

191 So wird das Bruttoinlandsprodukt als vorrangig verwendetes Maß für Wohlstand, Lebensqualität und gesellschaftlichen Fortschritt verschiedentlich hinterfragt. Unstrittig ist, dass das Bruttoinlandsprodukt soziale und ökologische

Aspekte nicht hinreichend berücksichtigt. Vgl. Deutscher Bundestag (2013: 23).

192 Rechtlicher Anlass für die Einführung der Vorjahrespreisbasis in der deutschen VGR war die Kommissionsentscheidung 98/715/EG vom 30. November 1998 (zur Klarstellung von Anhang A der (ESVG)Verordnung Nr. 2223/96 im Hinblick auf die Grundsätze zur Preis- und Volumenmessung). Dieser Rechtsakt schreibt in Grundsatz 3 vor: „Die auf der elementaren Aggregationsebene abgeleiteten Volumenmaße werden mit Gewichten aggregiert, die aus dem Vorjahr abgeleitet werden". Vgl. Statistisches Bundesamt (2003).

193 Der Kettenindex ermittelt für jedes Jahr individuell, wie viel die im Vorjahr verkauften Produkte im gegenwärtigen Jahr kosten. Somit verändert sich der zugrunde liegende Güterkorb von Jahr zu Jahr – neue Güter finden schneller Berücksichtigung. Vgl. Rothgang et al. (2018). Dadurch werden immer die aktuellen Preisrelationen in der Rechnung berücksichtigt, was eine genauere Berechnung der „realen" Veränderungsraten gewährleisten soll. Rechentechnisch werden bei der Methode der Vorjahrespreisbasis zunächst Jahresergebnisse in Preisen des Vorjahres als Messzahlen ermittelt, die durch Verkettung (Chain-linking) jedes einzelnen Merkmals vergleichbare Zeitreihen bilden. Vgl. Statistisches Bundesamt (2017: 3).

194 Vgl. Statistisches Bundesamt (2017).

195 Vgl. Syverson (2017) sowie Byrne et al. (2016). Zu möglichen Messproblemen sowie der Verlagerung hin zu Nichtmarktproduktion mit Fokus auf Deutschland vgl. beispielsweise Grömling (2016).

196 Vgl. Syverson (2017).

197 Vgl. Syverson (2017).

198 Vgl. Syverson (2017).

199 Vgl. insbesondere Griffith et al. (2003). Empirische Befunde im Kontext früherer Digitalisierungswellen liefern beispielsweise Hornstein und Krusell (1996).

200 Ähnliche Ergebnisse finden beispielsweise Guellec und van Pottelsberghe de Potterie (2002) für die Interaktion von eigener FuE und ausländischem Wissen sowie Harhoff (2000) und Peters et al. (2009) im Hinblick auf das Zusammenspiel von internem und externem FuE-Wissenskapital.

201 Vgl. EFI (2017).

202 Vgl. Andrews et al. (2016).

203 Diese Beobachtung ist im Dienstleistungssektor noch prägnanter.

204 Vgl. Gordon (2015) sowie Bloom et al. (2017).

205 Vgl. Akcigit et al. (2013) und Nelson (1959) sowie Rosenberg (2009) und Partha und David (1994).

206 Vgl. Loecker und Eeckhout (2017). Für die Berechnungsmethode der Markups siehe Loecker und Warzynski (2012). Zu bedenken ist, dass die Analyse nur öffentlich gehandelte Unternehmen einschließt, von denen es in den USA relativ wenige gibt, die allerdings einen hohen Umsatzanteil haben.

207 Vgl. etwa Harhoff et al. (2007) und Blind et al. (2009).

208 Vgl. Klepper (1996); Klepper (1997); Klepper (2002).

209 Vgl. Klepper (1996); Klepper (2002) in Verbindung mit Utterback und Abernathy (1975).

210 Vgl. Andrews et al. (2016).

211 In aller Regel sind dafür positive Netzwerkeffekte (auf der Nutzerseite) verantwortlich. Vgl. Arthur (1989).

212 Vgl. Solow (1987) sowie Brynjolfsson (1993) zum Produktivitätsparadoxon bei der Informationstechnologie.

213 Beispiel Automobilindustrie: Hier hat das Produktivitätswachstum zwischen 2005 und 2014 zugenommen. Die Totale Faktorproduktivität (jährlich durchschnittlich +3,1 Prozent) wuchs dabei deutlich stärker als im Gesamtdurchschnitt der Wirtschaft (jährlich durchschnittlich +0,5 Prozent). Die Wertschöpfungskette war durch fortlaufende Effizienzsteigerungen gekennzeichnet, die durch den hohen Wettbewerbsdruck im Fahrzeugbau angetrieben wurden. Derzeit ist nicht absehbar, inwieweit die laufenden Umwälzungen im Hinblick auf alternative Antriebe und autonomes Fahren (vgl. Kapitel B 3 zu autonomen Systemen) zu einer globalen Verschiebung von Wertschöpfungsstrukturen führen werden. So sind beispielsweise Elektromotoren deutlich weniger komplex in der Herstellung als Verbrennungsmotoren. Sollte diese Antriebstechnologie zukünftig hohe Marktanteile erobern, würde der Wissensbestand der deutschen Original Equipment Manufacturer (OEM) sowohl im Hinblick auf die Technologie selbst als auch auf die Systemintegration entwertet. Vgl. Rothgang et al. (2018: 38).

214 Vgl. EFI (2017: Kapitel A1 und A2).

215 Vgl. https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-1302.html (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

B 2

216 Vgl. http://www.europarl.europa.eu/summits/lis1_de.htm (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

217 Vgl. https://www.bmbf.de/de/der-europaeische-forschungsraum-gemeinsam-forschen-gemeinsam-wachsen-279.html (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

218 Mit Galileo führte Europa das erste unter ziviler Kontrolle stehende weltweite Satellitennavigations- und Ortungssystem ein, das der internationalen Zusammenarbeit offen steht und kommerziell betrieben wird. Galileo soll die europäische Unabhängigkeit von den beiden militärisch kontrollierten Systemen GPS (USA) und GLONASS (Russland) gewährleisten. Das Satellitennavigationssystem ist seit dem 15. Dezember 2016 für die Allgemeinheit zugänglich. Ende 2017 befanden sich 22 der vorgesehenen 30 Satelliten auf ihrer Umlaufbahn. Geplant ist, die noch ausstehenden Satelliten im Laufe des Jahres 2018 ins All zu schießen. Die Galileo-Dienste sollten ursprünglich bereits im Jahr 2008 zur Verfügung stehen. Aufgrund von Streitigkeiten zwischen den Herstellern der Satelliten, Uneinigkeiten unter den Regierungen über den Sitz der Satelliten-Kontrollzentren und technischer Schwierigkeiten hatte es jedoch immer wieder Verzögerungen gegeben. Statt der ursprünglichen drei Milliarden Euro sind mittlerweile für Entwicklung und Betrieb von Galileo bis 2020 13 Milliarden Euro vorgesehen. Vgl. Lindiger (2016) sowie http://www.esa.int/ger/ESA_in_your_country/Germany/Galileo_Europas_Unabhaengigkeit_und_Kooperation und https://www.gsc-europa.eu/news/new-galileo-quartet-successfully-launched (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

219 Vgl. Bundesregierung (2017b).

220 Vgl. Europäische Union (2013a).

221 Förderprogramme:
Das Forschungsprogramm des Forschungsfonds für Kohle und Stahl (FFKS) ist ein eigenständiges ergänzendes Programm zum Forschungsrahmenprogramm Horizont 2020. Es erstreckt sich auf alle Aspekte von Kohle und Stahl sowie auf die Nutzung und Umwandlung der Ressourcen, die Sicherheit am Arbeitsplatz und den Umweltschutz. Für den Zeitraum von 2014 bis 2020 stehen etwa 300 Millionen Euro zur Verfügung. Vgl. http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=views;document&doc=2514 (letzter Abruf am 17. Januar 2018).
Die Europäische Atomgemeinschaft (EURATOM) wurde 1957 gegründet. Im Rahmen von EURATOM werden Forschung und Ausbildung auf dem Gebiet der Kernenergie gefördert. Das EURATOM Forschungs- und Trainingsprogramm läuft von 2014 bis 2018 und umfasst ein Budget von 1,6 Milliarden Euro. Daneben ist die EU über EURATOM an der Errichtung des Internationalen Thermonuklearen Versuchsreaktors (ITER) beteiligt. An ITER sind neben der EU noch Russland, Japan, China, Indien, Südkorea und die Vereinigten Staaten angeschlossen. Die Europäische Kommission finanziert ITER mit 2,9 Milliarden Euro für den Zeitraum 2014 bis 2020. Vgl. EFI (2011).
Die CERN ist eines der ersten gemeinsamen europäischen Projekte und wurde 1954 gegründet. Sie ist eine internationale, zwischenstaatliche Großforschungseinrichtung zur physikalischen Grundlagenforschung. Finanziert wird die CERN von den 20 Mitgliedsstaaten. Das Budget für 2016 belief sich auf etwa eine Milliarde Euro. Vgl. Weber et al. (2018: 25).
Das Programm COSME führt die KMU-Förderung des Rahmenprogramms für Wettbewerbsfähigkeit und Innovation von 2007 bis 2013 fort. COSME zielt darauf ab, die Wettbewerbsfähigkeit von KMU zu verbessern, indem es u. a. Maßnahmen zum erleichterten Zugang zu Finanzierungsmitteln sowie zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für die Wettbewerbsfähigkeit fördert. Für den Zeitraum von 2014 bis 2020 beläuft sich das Budget auf etwa 2,3 Milliarden Euro. Vgl. http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=views;document&doc=11701, sowie https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Mittelstand/europaeische-mittelstandspolitik3.html (letzter Abruf am 17. Januar 2018).
Die Europäische Weltraumorganisation (ESA) ist eine internationale Organisation, der 22 europäische Staaten angehören. Sie agiert als zwischenstaatliche Organisation unabhängig von der EU, unterhält über ein ESA-EG-Rahmenabkommen jedoch enge Beziehungen zur Union. Die Aufgabe der ESA besteht in der Konzeption und Ausführung des europäischen Weltraumprogramms. Für 2017 belief sich das Budget der ESA auf 5,75 Milliarden Euro. Vgl. Weber et al. (2018: 25).
Copernicus und Galileo bündeln die Weltraumaktivitäten rund um Satellitennavigation und Erdbeobachtung der Europäischen Union. Vgl. Weber et al. (2018: 26).
Finanzierungsinstrumente:
Die Europäische Investitonsbank (EIB) ist Teil der EIB-Gruppe, zu der auch der Europäische Investitionsfonds (EIF) gehört. Eigentümer der EIB sind die Mitgliedsstaaten der EU. Anteilseigner des EIF sind die EIB (66 Prozent), die Europäische Kommission (25 Prozent) und sonstige europäische Finanzierungsinstitutionen (9 Prozent). Die EIB nimmt auf den Finanzmärkten Mittel auf und stellt diese zu günstigen Konditionen, meist in Form von Darlehen und Wagniskapital, für Projekte bereit. Das durch die EIB gezeichnete Kapital belief sich 2016 auf 243 Milliarden Euro, das des EIF auf 4,4 Milliarden Euro. Die Förderung durch den EIF in Kooperation mit der EIB richtet sich vor allem an KMU und deren Zugang zu Finanzierungsquellen. Vgl. http://www.eib.org/about/key_figures/data.htm (letzter Abruf am 17. Januar 2018).
Der 2015 eingerichtete europäische Fonds für strategische Investitionen (EFSI), auch bekannt als Juncker-Plan, ist eine gemeinsame Initiative der EIB-Gruppe und der Europäischen Kommission. Er ist mit Garantien von 21 Milliarden Euro ausgestattet, mit denen Investitionen von mindestens 315 Milliarden Euro mobilisiert werden sollen. Die Schwerpunkte des EFSI liegen in der Förderung von Bildung, Forschung, Entwicklung und Innovation sowie der Unterstützung von KMU. Vgl. Europäische Union (2015) sowie http://www.eib.org/efsi/what-is-efsi/index.htm (letzter Abruf am 17. Januar 2018).
Darüber hinaus existieren noch die Programme Health und Life, die über die jeweiligen sektoralen Budgets finanziert werden und Anwendungen von Lösungen mit hohem Innovationsgehalt fördern werden. Weber et al. (2018: 26).

222 Vgl. European Commission (1995).

223 Dosi et al. (2006) argumentieren, dass Europa in wissenschaftlicher Hinsicht einen Rückstand zu den USA aufweist, wenn der Publikationsoutput der EU auf die Bevölkerung oder das Forschungspersonal normiert wird. Vgl. Dosi et al. (2006). Sachwald (2015) findet in ihrer Studie, dass die europäischen Publikationen im Vergleich zu amerikanischen weniger häufig zitiert werden, und folgert daraus, dass europäische Publikationen qualitativ schwächer sind als amerikanische Publikationen. Vgl. Sachwald (2015).

224 Vgl. http://www.eubuero.de/ausweitung.htm (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

225 Vgl. http://www.eubuero.de/ausweitung.htm (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

226 Vgl. BMBF (2014).

227 Vgl. Bundesregierung (2017b).

228 Hier sind u. a. das Rahmenprogramm für Wettbewerbsfähigkeit und Innovation (CIP) und das Europäische Innovations- und Technologieinstitut anzuführen.

229 Vgl. European Commission (2017d).

230 Vgl. BMBF (2014).

231 Der Europäische Forschungsrat ist eine von der Europäischen Kommission eingerichtete wissenschaftsgeleitete Institution zur Förderung von exzellenten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern mit bahnbrechenden Forschungsprojekten.

232 Die Marie-Skłodowska-Curie-Maßnahmen zielen darauf ab, die länder- und sektorübergreifende Mobilität und die Karriereentwicklung von Forschenden sowie F&I-Personal

zu fördern und die Attraktivität von wissenschaftlichen Laufbahnen zu steigern.

233 Dazu zählen u. a. IKT, Nanotechnologie sowie Biotechnologie.

234 Die Finanzfazilitäten in Horizont 2020 sind die Kreditfazilität sowie die Beteiligungsfazilität.

235 Vgl. Weber et al. (2018).

236 Teaming-Maßnahmen: Partnerschaften zwischen exzellenten Forschungseinrichtungen und forschungs-, entwicklungs- und innovationsschwachen Regionen. Ziel der Teambildung ist die Schaffung neuer (oder die umfassende Aufwertung bestehender) Exzellenzzentren in forschungs-, entwicklungs- und innovationsschwachen Regionen bzw. Mitgliedsstaaten.
Twinning-Maßnahmen: Partnerschaften von Forschungseinrichtungen mit dem Ziel, einen bestimmten Forschungsbereich in einer aufstrebenden Einrichtung durch Verbindung zu mindestens zwei international führenden Einrichtungen in diesem Bereich wesentlich zu stärken.

237 Vgl. http://www.horizont2020.de/einstieg-programmstruktur.htm (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

238 Mit Forschungs- und/oder Innovationsmaßnahmen (Research and Innovation Actions) werden F&I-Projekte unterstützt, die im Verbund von Partnern aus verschiedenen Ländern durchgeführt werden. Das Ziel dieser Maßnahmen besteht in der Entwicklung neuen Wissens, neuer Technologien, Verfahren, Produkte und Dienstleistungen. Ergänzt werden sie durch verbundorientierte Innovationsmaßnahmen (Innovation Actions), die darauf abzielen, Demonstrations- und Marktumsetzungsprojekte zu fördern. Koordinierungs- und Unterstützungsmaßnahmen (Coordination and Support Actions) sind forschungsbegleitende Maßnahmen. Sie unterstützen die Vernetzung von Projektpartnern z. B. mit Hilfe von Konferenzen, Seminaren oder gemeinsamen Initiativen. Bei Maßnahmen zur Ko-Finanzierung werden nationale oder regionale Fördereinrichtungen, die Forschungs- und Innovationsprogramme verwalten, bei einzelnen Ausschreibungen oder Programmen finanziell gefördert. Darüber betont und unterstützt Horizont 2020 öffentlich-private Partnerschaften (PPP) und öffentlich-öffentliche Partnerschaften(P2P). Diese PPP und P2P zielen auf eine bessere Verzahnung von nationalen und regionalen Aktivitäten sowie eine stärkere Einbindung der Industrie ab. Vgl. http://www.horizont2020.de/einstieg-instrumente.htm (letzter Abruf am 17. Januar 2018) sowie BMBF (2014).

239 Volumen in laufenden Preisen.

240 2015 wurde das Budget von Horizont 2020 allerdings zugunsten des Europäischen Fonds für strategische Investitionen (EFSI, auch als Juncker-Plan bekannt) gekürzt. Derzeit beträgt der Finanzrahmen von Horizont 2020 maximal 74,8 Milliarden Euro in laufenden Preisen (European Union, 2015, Annex 1). Wie Art. 9 der Regulation allerdings sagt, können im EFSI auch Projekte, die den Zielen von Horizont 2020 entsprechen, gefördert werden, sodass die tatsächliche Höhe der Kürzungen wahrscheinlich erst nach Abschluss des Programms feststeht. Vgl. Weber et al. (2018: 16).

241 Dies ist eine deutliche Steigerung gegenüber dem 6. und 7. Rahmenprogramm (4,2 bzw. 5,5 Prozent).

242 Teile des Rahmenprogramms für Wettbewerbsfähigkeit und Innovation (CIP) werden in dem thematischen Schwerpunkt Führende Rolle der Industrie innerhalb von Horizont 2020 weitergeführt. Ebenso wurde das Europäische Innovations- und Technologieinstitut (EIT) in Horizont 2020 integriert. Vgl. Weber et al. (2018).

243 So haben sich etwa die Mittel des Europäischen Forschungsrats (ERC) mit 13 Milliarden Euro beinahe verdoppelt, die Mittel der Marie-Skłodowska-Curie-Initiative (früher Marie-Curie-Initiative) sind etwa um 30 Prozent gestiegen. Ebenso sind einige thematische Programme innerhalb der drei Schwerpunkte finanziell deutlich besser ausgestattet. Für Energie im Schwerpunkt Gesellschaftliche Herausforderungen verdreifachte sich das Budget von 1,8 Milliarden Euro im 7. FRP auf 5,7 Milliarden Euro in Horizont 2020. Das Thema Verkehr wurde mit 6,1 Milliarden Euro um knapp 4 Milliarden Euro höher dotiert als im 7. FRP. Andere Bereiche sind nur schwer miteinander zu vergleichen, weil Horizont 2020 gesellschaftliche Herausforderungen, die auch quer über mehrere Technologiefelder gehen können, fördert. Vgl. Weber et al. (2018: 17).

244 Die Steigerung der Fördermittel in Horizont 2020 im Vergleich zum 7. FRP beträgt im Schwerpunkt Wissenschaftsexzellenz 73 Prozent. Im Schwerpunkt Gesellschaftliche Herausforderung stiegen die Fördermittel in Horizont 2020 im Vergleich zum 7. FRP um 55 Prozent.

245 Die ESI-Fonds setzen sich aus dem Fonds für regionale Entwicklung (EFRE), dem Europäischen Sozialfonds (ESF), dem Köhäsionsfonds (KF), dem europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) sowie dem Europäischen Meeres- und Fischereifonds (EMFF) zusammen.

246 Vgl. BMBF (2016b: 292).

247 Vgl. European Commission (2008: 114).

248 Vgl. Europäische Union (2013a).

249 Vgl. http://www.eubuero.de/ausweitung.htm (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

250 Vgl. https://cohesiondata.ec.europa.eu/funds/erdf (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

251 Vgl. Europäische Union (2013b).

252 Vgl. https://cohesiondata.ec.europa.eu/funds/eafrd (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

253 Vgl. Europäische Kommission (2017).

254 Vgl. Weber et al. (2018: 86).

255 Im Vergleich zu Horizont 2020 betrug der Anteil der Fördermittel aus dem 7. FRP an der gesamten staatlichen FuE-Finanzierung bei den Hochschulen 3,82 Prozent und den AUF 4,2 Prozent. Vgl. Weber et al. (2018: 40).

256 Im Vergleich zu Horizont 2020 betrug der Anteil der Fördermittel aus dem 7. FRP an der gesamten staatlichen FuE-Finanzierung bei Unternehmen 13,02 Prozent. Vgl. Weber et al. (2018: 40).

257 So beträgt der Korrelationswert, der den linearen Zusammenhang zwischen zwei Merkmalen beschreibt, für die in Tabelle B 2-5 aufgeführten Branchenanteile 0,94 (berücksichtigt sind 56 2-Steller der Wirtschaftszweigsystematik 2008, Durchschnitt 2006 bis 2014). Bei einem Korrelationswert von 1,0 wären die Anteile der vom EU-Rahmenprogramm und den BMBF-Fachprogrammen geförderten Branchen identisch. Bei der BMWi-Förderung ist die

Korrelation mit der EU-Rahmenprogrammförderung mit 0,85 geringer ausgeprägt als bei der BMBF-Förderung; für die Landesförderung ergibt sich ein Korrelationswert von 0,88. Am geringsten ist die Korrelation der Branchenanteile für die Gruppe der Unternehmen, die ausschließlich eine EU-Rahmenprogramm-Förderung erhalten haben (0,72). Dies liegt an dem hohen Anteil von Unternehmen aus dem Bereich der sonstigen Dienstleistungen (22 Prozent) sowie der Materialien herstellenden und bearbeitenden Branchen – hier insbesondere Glas/Keramik/Steinwaren, Gummi/Kunststoffe und Chemie. Offenbar gibt es im EU-Rahmenprogramm Förderangebote für FuE-Aktivitäten in diesen Branchen, die sich in dieser Form nicht in der Bundes- und Landesförderung finden. Das EU-Rahmenprogramm scheint hier eine gewisse Alleinstellung im Vergleich zu den Förderangeboten von Bund und Ländern aufzuweisen. Vgl. Weber et al. (2018: 63f.).

258 Sonstige Dienstleistungen: 22 Prozent; Chemie/Materialien: 18 Prozent.

259 Einen deutlich höheren KMU-Anteil (90 Prozent) wies das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) des BMWi auf. Vgl. Weber et al. (2018: 85).

260 Vgl. Weber et al. (2018: 83).

261 Gemäß Auskunft KUKA AG vom 5. Dezember 2017.

262 Bei Horizont-2020-Programmen liegt der Anteil bei 51,4 Prozent. Der Anteil bei Fachprogramm-Projekten des Bundes liegt bei 56,3 Prozent.

263 Vgl. Weber et al. (2018: 74f.).

264 Vgl. Europäische Union (2008).

265 Vgl. EIT (2017: 8f.) sowie European Commission (2017b).

266 Vgl. European Commission (2016).

267 Vgl. EIT (2017: 19).

268 Vgl. Moedas (2015) sowie http://www.eubuero.de/fet-eic.htm (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

269 Vgl. Sachwald (2015).

270 Vgl. Weber et al. (2018: 93).

271 Unter anderem soll der EIC als One-Stop-Shop agieren und dadurch Orientierung im europäischen Förderdschungel bieten. Zugleich soll es Unternehmen bei der Hervorbringung disruptiver Innovationen unterstützen. Darüber hinaus soll das Thema Open Innovation im EIC besondere Aufmerksamkeit erfahren. Vgl. Weber et al. (2018: 93f.).

272 Vgl. Weber et al. (2018) sowie Austrian FP9 Think Tank (2017).

273 Die Pläne zur Einrichtung eines EIC werden von verschiedener Seite kritisiert. So wird vom BMBF angeführt, dass es auf europäischer Ebene keine Lücke im Fördersystem gebe, die von einem EIC gefüllt werden könne. Vgl. Schütte (2016). Außerdem fordert das BMBF, den Fokus auf Universitäten und öffentliche Forschungseinrichtungen zu erweitern. Vgl. BMBF (2016c). Darüber hinaus wird die Frage aufgeworfen, wie exzellente Innovationen mit disruptivem, markteröffnendem Potenzial sich überhaupt identifizieren lassen. Schließlich wird auf die Gefahr der Überlappung mit dem EIT verwiesen, das ebenfalls auf die Stärkung der europäischen Innovationsaktivitäten abzielt. Vgl. Weber et al. (2018: 92).

274 Zu diesen Instrumenten zählen u.a. der European Fund for Strategic Investments (EFSI), das Europäische Innovations- und Technologieinstitut (EIT) sowie das KMU-Instrument in Horizont 2020. Unklar ist auch, ob die EIC-Förderung mittels Vergabe von Krediten oder Vergabe von Fördermitteln erfolgen soll.

275 Vgl. http://www.horizont2020.de/einstieg-eit.htm (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

276 Vgl. Weber et al. (2018: 94).

277 Vgl. http://ec.europa.eu/research/eic/index.cfm?pg=home (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

278 Der Begriff der radikalen Innovation ist ein Fachbegriff der Innovationsökonomik, der in der engeren Interpretation inkrementellen (kleinschrittigen) technischen Fortschritt von Veränderungen abgrenzt, infolge derer der Innovator eine Monopolposition etablieren kann. Im weiteren Sinne wird der Begriff „radikale Innovation“ verwendet für Neuheiten, die in Märkten, Organisationen und Gesellschaften weitreichenden Wandel nach sich ziehen. Dafür hat sich auch der Begriff „Sprunginnovation“ etabliert.

279 Beispielsweise EIC-Horizon Prices.

280 FET Open: FET Open fördert unkonventionelle neue Forschungsideen im Frühstadium, die auf fundamentale Durchbrüche für neue Technologien abzielen. Dabei sollen bestehende Paradigmen hinterfragt und Forschung an der Grenze des Wissens ermöglicht werden. Vgl. http://www.eubuero.de/fet-open.htm (letzter Abruf am 17. Januar 2018).
KMU-Instrument: Das KMU-Instrument richtet sich an innovative und ehrgeizige KMU mit europäischen und globalen Ambitionen. KMU können konkrete Innovationen zur Marktreife entwickeln. Das Instrument vereint schnelle Förderentscheidungen, themenoffene Förderung und einen Drei-Phasen-Ansatz. Die Förderung von einzelnen KMU ist möglich. Vgl. http://www.nks-kmu.de/foerderung-kmu-instrument.php (letzter Abruf am 17. Januar 2018).
Innovationspreise: Die Preise (Inducement Prizes) unter dem Dach des EIC-Piloten in Horizont 2020 beinhalten ambitionierte Ziele, ohne vorzuschreiben, wie diese erreicht werden sollen. Der Preis wird an diejenigen vergeben, die die Herausforderung am effektivsten gelöst haben. Vgl. http://www.nks-kmu.de/foerderung-preise.php (letzter Abruf am 17. Januar 2018).
Fast Track to Innovation: Fast Track to Innovation (FTI) bietet für Antragstellende ein Sprungbrett, um relativ reife, wegweisende neue Technologien, Konzepte und Prozesse schnell in marktfertige Produkte, Verfahren, Dienstleistungen, Geschäftsmodelle oder Ähnliches zu transferieren. Favorisiert werden interdisziplinäre und transsektorale Ansätze. Dabei zielt FTI auf technologische Durchbrüche und Service-Innovationen ab. Vgl. http://www.nks-kmu.de/teilnahme-fti.php (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

281 Vgl. Weber et al. (2018: 97f.).

282 Vgl. European Commission (2017e).

283 Vgl. Bundesregierung (2017a: 13).

284 Vgl. Bundesregierung (2017a: 19).

285 Vgl. Bundesregierung (2017a: 19).

286 Vgl. Bundesregierung (2017a: 19).

287 Vgl. Harhoff et al. (2018). Vgl. auch http://www.deutschlandfunk.de/praesident-der-max-planck-gesellschaft.676.de.html?dram:article_id=409092 (letzter Abruf am 24. Januar 2018).

288 Vgl. Harhoff et al. (2018). Vgl. auch http://www.deutschlandfunk.de/praesident-der-max-planck-gesellschaft.676.de.html?dram:article_id=409092 (letzter Abruf am 24. Januar 2018).

289 Es handelt sich bei der Initiative nicht um einen Vorschlag der französischen Regierung. Die Initiatorinnen und Initiatoren greifen allerdings die Forderung des französischen Staatspräsidenten Emmanuel Macron nach einer europäischen Innovationsagentur in seiner Sorbonne-Rede vom 26. September 2017 auf. Vgl. Kelly und Alho (2017) sowie Le Monde Economie (2017).

290 Vgl. Schlütter (2017).

291 Darüber hinaus koordinieren britische Institutionen ein Fünftel aller Horizont 2020-Projekte. Spanische und deutsche Institutionen folgen auf den Plätzen zwei und drei mit 13 Prozent respektive 11 Prozent der Projekt-Koordinationen. Vgl. EUA (2016).

292 Vgl. HM Government (2017).

293 Werden die wichtigsten zwölf EU-Länder berücksichtigt, liegt die Zahl der Ko-Publikationen bei ca. 453.000. Vgl. The Royal Society (2016: 11).

294 Vgl. The Royal Society (2016: 8).

295 Die Anzahl der britischen ERC-Grant-Inhaberinnen und -Inhaber beläuft sich auf 37, die der französischen auf 48 und die der deutschen auf 65.Vgl. European Research Council (2017: 3ff.).

296 „… forging a more ambitious and close partnership with the EU than any yet agreed between the EU and a non-EU country“ (HM Government 2017: 8).

297 Vgl. Europäische Kommission (2016).

298 Vgl. European Commission (2017c) sowie http://www.horizont2020.de/einstieg-international.htm (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

299 Für weitere Beispiele siehe etwa https://www.timeshighereducation.com/news/brexit-could-uk-join-european-union-eu-research-system-as-associated-country (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

300 Vgl. https://www.sbfi.admin.ch/sbfi/de/home/themen/internationale-forschungs--und-innovationszusammenarbeit/forschungsrahmenprogramme-der-europaeischen-union/horizon-2020/h2020.html (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

301 Die Schweizer Regierung hatte sich geweigert, das Protokoll zur Erweiterung der Personenfreizügigkeit auf Kroatien zu ratifizieren. Die EU sah durch die Nichtratifizierung das 2002 geschlossene bilaterale Abkommen zur Freizügigkeit der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer und der Dienstleistungsfreiheit zwischen der EU und der Schweiz verletzt. Gemäß einer provisorischen Einigung zwischen EU und der Schweiz konnte letztere von September 2014 bis Dezember 2016 als teilassoziierte Partnerin an Horizont 2020 teilnehmen. Erst mit der Anerkennung der Personenfreizügigkeit für Kroatien wurde der Vollassoziierungsstatus der Schweiz zu Beginn des Jahres 2017 wieder hergestellt. Vgl. Europäische Kommission (2016) sowie ETH-Rat (2014); European Commission (2017a) sowie https://www.sbfi.admin.ch/sbfi/de/home/themen/internationale-forschungs--und-innovationszusammenarbeit/forschungsrahmenprogramme-der-europaeischen-union/horizon-2020/h2020.html (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

302 Vgl. https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-60389.html (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

303 Bei Drittstaaten wird zwischen industrialisierten Ländern (z.B. Australien, Japan, Südkorea, USA usw.) und International Cooperation Partner Countries (Entwicklungsländer, EU-Beitrittsländer sowie Länder der Europäischen Nachbarschaftspolitik) unterschieden. Während die Beteiligung von Einrichtungen aus IPC-Ländern an den Forschungsrahmenprogrammen finanziell gefördert wird, können Partner aus industrialisierten Ländern zwar an den Forschungsrahmenprogrammen teilnehmen, erhalten für die Beteiligung in der Regel aber keine finanzielle Förderung. Vgl. http://www.horizont2020.de/projekt-beteiligungsregeln.htm sowie http://www.kowi.de/kowi/horizon-2020/internationale-kooperation/internationale-zusammenarbeit.aspx (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

304 Vgl. European Commission (2017c) sowie Weber et al. (2018: 105).

305 Vgl. Weber et al. (2018: 105) sowie http://www.horizont2020.de/einstieg-international.htm (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

306 Vgl. http://www.europarl.europa.eu/summits/lis1_de.htm (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

307 In der 2010 angenommenen Strategie Europa 2020 wurde dieses Ziel erneut aufgegriffen und zu einem der fünf Hauptziele für das Jahr 2020 erklärt. Vgl. Europäische Union (2005) sowie https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/economic-and-fiscal-policy-coordination/eu-economic-governance-monitoring-prevention-correction/european-semester/framework/europe-2020-strategy_de (letzter Abruf 17. Januar 2018).

308 Vgl. Watt (2006) sowie Meller et al. (2006).

309 Vgl. EFI (2011: 58).

310 Die im Kontext der Einrichtung des EIC formulierten Erwartungen sind derart vielfältig und umfassend, dass sie kaum von einer einzelnen Institution erfüllt werden können. So soll das EIC nicht nur exzellente Innovationen mit disruptivem, marktöffnendem Potenzial identifizieren und fördern, sondern zugleich die Fehlentwicklungen innerhalb der europäischen F&I-Politik sowie Defizite bestehender Institutionen korrigieren.

B 3

311 So fand im Juni 2017 der European Robotics Hackathon im AKW Zwentendorf statt, siehe http://enrich.european-robotics.eu/ (letzter Abruf am 17. Januar 2018), bei dem die Roboter der teilnehmenden Teams 3D-Karten des Innenraums und Strahlungskarten erstellten und strahlendes Material suchten und manipulierten. Dabei kamen zum Teil autonome Funktionen zum Einsatz, vgl. Fraunhofer FKIE (2017). Ein autonomer Roboter zur Minenräumung ist beispielsweise beschrieben in Jaradat et al. (2017).

312 Autonome Systeme werden auch lernende Systeme genannt (beispielsweise im Rahmen der Plattform Lernende Systeme, vgl. https://www.plattform-lernende-systeme.de/home.html (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

313 Vgl. Statistisches Bundesamt (2016).

314 Vgl. Anderson et al. (2014). Allerdings liegt die Unfallhäufigkeit der aktuell getesteten Prototypen autonomer Fahrzeuge noch deutlich über der Unfallhäufigkeit fahrender Menschen. Vgl. Favarò et al. (2017).

315 Im Jahr 1965 organisierte John McCarthy das Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. Der Begriff Artificial Intelligence fand bereits im dazugehörigen Proposal im Vorjahr Verwendung, vgl. http://raysolomonoff.com/dartmouth/boxa/dart564props.pdf (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

316 Vgl. Turing (1950). Ebenda wird auch der bekannte Turing-Test zur Erkennung künstlicher Intelligenz formuliert.

317 Vgl. EOP und NSTC (2016). Eine einheitliche Definition für KI gibt es jedoch nicht.

318 Vgl. AI100 (2016).

319 Dies wird auch als „AI winter“ bezeichnet. Vgl. Nilsson (2010: 305–330).

320 Siehe dazu auch https://towardsdatascience.com/the-ai-winter-is-over-heres-why-1001e6b7bb0 (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

321 Als Meilenstein kann der Sieg des Schachcomputers Deep Blue über den damaligen Weltmeister Garri Kasparow im Jahr 1997 bezeichnet werden. Dabei gilt zu beachten, dass Computer bei sehr klar definierten Aufgaben dem Menschen zwar überlegen sein können, in der Regel aber auch hier die Kooperation zwischen Mensch und Maschine nochmals zu einer deutlichen Verbesserung der Ergebnisse führt. So kann beispielsweise ein moderner Schachcomputer von einem Team aus einem Menschen und einem schwächeren Schachcomputer bezwungen werden. Vgl. EOP und NSTC (2016).

322 Vgl. AI100 (2016).

323 Vgl. https://devblogs.nvidia.com/nvidia-ibm-cloud-support-imagenet-large-scale-visual-recognition-challenge/# (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

324 Vgl. EOP und NSTC (2016).

325 Vgl. SAE International (2016).

326 Vgl. Dumitrescu et al. (2018).

327 Auch in Einsatzgebieten autonomer Systeme, die nicht durch unmittelbare Interaktion mit dem Menschen gekennzeichnet sind, sind diese Funktionen von hoher Bedeutung. So spielen eine exakte Umgebungserkennung, Kommunikation und präzise Ausführung von Handlungen beispielsweise auch im Unterwasserbereich bei der Untersuchung von Korallenriffen oder archäologischen Untersuchungen eine große Rolle.

328 Den unterschiedlichen Sensoren kommen unterschiedliche Aufgaben zu. Kameras erfassen Verkehrsschilder, Radar sorgt dafür, dass es nicht zu Kollisionen kommt, und Lidar unterstützt die Fahrzeugführung. Von besonderer Bedeutung ist zudem die Sensorfusion, also die Integrierung dieser verschiedenen Sensordaten. In anderen Anwendungsfeldern können wiederum andere Sensoren zum Einsatz kommen. Im Unterwasserbereich werden beispielsweise Sensoren für die Bestimmung von Strömungsrichtung und -geschwindigkeit verwendet.

329 Die Selbstregulation ist eine übergreifende Funktion, die die selbstständige Aufgabenerfüllung und Anpassung an wechselnde Umgebungen und Situationen gewährleistet. Kern der Selbstregulation ist das stetige Lernen aus erfolgreichen oder misslungenen Handlungen. Basierend auf dem Gelernten kann eine Selbstoptimierung erfolgen, die eine autonome Anpassung von Systemzielen und -verhalten ermöglicht. Vgl. Dumitrescu et al. (2018).

330 Ein Vorteil besteht darin, dass Computer Wissen sehr schnell und effizient erwerben und miteinander teilen können und KI in der Lage ist, Daten wie Texte zu verarbeiten, aus denen Wissen bisher kaum maschinell extrahiert werden konnte.

331 Vgl. Dumitrescu et al. (2018).

332 Diese Maße werden durch Aggregation der Befragungsergebnisse für eine feinere Aufschlüsselung von Technologien innerhalb der jeweiligen Umgebungs- und Kerntechnologien gebildet. Für die Aggregation wurde das arithmetische Mittel der Experteneinschätzung der Technologien innerhalb einer Kern- oder Umgebungstechnologie gebildet.

333 Die hier dargestellten Nutzenpotenziale können als konservative Einschätzungen angesehen werden. Das disruptive Potenzial autonomer Systeme und von KI kann dazu führen, dass es nicht nur zu solchen Anpassungen in bestehenden Prozessen und Geschäftsmodellen kommt. Die darüber hinausgehenden disruptiven Umwälzungen von Lebensgewohnheiten und Märkten sind allerdings mit hohen Unsicherheiten in der Prognose verbunden.

334 Die Inhaberin bzw. der Inhaber von Einrichtungen oder Informationen, die für die Erbringung einer Dienstleistung essentiell sind (essential facilities), kann ggf. verpflichtet werden, anderen Marktteilnehmenden gegen angemessenes Entgelt Nutzungsrechte zu gewähren. Mit dem somit ausgeübten Kontrahierungszwang soll sichergestellt werden, dass marktlicher Wettbewerb zustande kommt. Bisher wird die Essential-Facilities-Doktrin vor allem auf physische Infrastrukturen wie Versorgungs- und Kommunikationsnetze angewendet.

335 Für das Erheben von Daten im Anwendungsfeld autonomer Fahrzeuge sind mit Sensoren ausgestattete Testfelder von großer Bedeutung, anhand derer die vom Fahrzeug erfassten Umgebungsdaten validiert werden können. In Deutschland finden sich Testfelder u. a. in den Städten Berlin, Braunschweig, Dresden, Düsseldorf, Hamburg, Ingolstadt, München und Karlsruhe sowie auf den Autobahnen A9 und A93, A2, A7 und A39. Vgl. Dumitrescu et al. (2018: 40). Auf dem Testfeld Automatisiertes und Vernetztes Fahren Baden-Württemberg, das Verkehrsflächen unterschiedlichster Art umfasst, können neben Forschungseinrichtungen auch private Firmen Technologien und Dienstleistungen erproben. Vgl. https://taf-bw.de/ (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

336 Die Politik kann außerdem durch die gesetzliche Regelung des Datenschutzes beeinflussen, wie Unternehmen Daten für ihre Wertschöpfungsprozesse nutzen können. Die Europäische Union verfügt mit der Datenschutzgrundverordnung über einen im internationalen Vergleich restriktiven Ansatz des Datenschutzes. Dadurch sollen Bürgerinnen und Bürger besser vor Missbrauch ihrer Daten geschützt werden. Allerdings geht durch einen erschwerten Zugang zu Daten auch ein Wettbewerbsnachteil für hiesige Unternehmen einher.

337 Vgl. Danks und London (2017).

338 Siehe Abschlussbericht der Ethik-Kommission (Ethik-Kommission Automatisiertes und Vernetztes Fahren 2017).

339 Expertenbefragungen im Auftrag der Expertenkommission ergaben, dass der Datenschutz und die Diskussion ethischer Fragen in Deutschland weiter entwickelt sind als im internationalen Vergleich. Dennoch ist auch der Entwicklungsstand in Deutschland niedrig. Vgl. Dumitrescu et al. (2018).

340 Auf Basis von IBMs Watson Analytics for Social Media wurden nutzergenerierte Online-Einträge zum Thema autonomes Fahren analysiert. Die Datenbasis bilden ca. 26.000 deutschsprachige und ca. 239.000 englischsprachige Beiträge zwischen 1. Januar 2017 und 31. August 2017.

341 Eine andere Untersuchung zeigt, dass auch in Bezug auf KI online geäußerte Meinungen überwiegend positiv ausfallen. Vgl. AI Index (2017).

342 Einschätzungen, die davon ausgehen, dass die Hälfte der Arbeitsplätze durch eine weitere Automatisierung wegfällt, sind überzogen und werden in jüngeren Studien scharf kritisiert. Die im Jahr 2013 erstmals vorgestellte Studie von Frey und Osborne (2017) geht nach Ansicht vieler Experten (Bonin et al. 2015; Autor und Salomons 2017) von extrem vereinfachenden Annahmen aus. Insbesondere können Studien dieser Art Komplementaritäts- und Augmentierungseffekte aus zukünftigem Einsatz von autonomen Systemen und KI-Systemen nicht erfassen. Vgl. auch Box B 2-6 in EFI (2016).

343 Aktuell werden mehrere autonome U-Boote parallel eingesetzt, um die Suche nach dem verschollenen Flug MH370 fortzuführen, vgl. https://www.economist.com/news/science-and-technology/21733399-swarm-submarine-drones-will-scour-depths-plane-fantastical-ship (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

344 Auf der Cebit 2017 präsentierte das Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB) den autonomen Bagger IOSB.BoB, der in menschenfeindlichen Umgebungen zum Einsatz kommen könnte. Vgl. Fachforum Autonome Systeme (2017).

345 Vgl. Witwicki et al. (2017) und darin enthaltene Beispiele wie IBMs Smart Surveillance System. Vgl. Onut et al. (2010).

346 Ein Demonstrator für die Interoperabilität im Smart Home wurde vom ZVEI auf der Cebit 2017 vorgestellt. Vgl. Fachforum Autonome Systeme (2017).

347 Vgl. https://www.kuka.com/de-de/technologien/mensch-roboter-kollaboration (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

348 Vgl. https://www.kuka.com/de-de/branchen/loesungsdatenbank/2016/07/solution-systems-bsh (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

349 Vgl. Anderson et al. (2014). Schätzungen gehen beispielsweise davon aus, dass digital gekoppelte autonome Fahrzeuge die Kapazität einer Fahrspur um das Fünffache erhöhen können. Vgl. Fernandes und Nunes (2012), zitiert in KPMG und Center for Automotive Research (2012).

350 Vgl. Bundesamt für Güterverkehr (2017).

351 Vgl. http://www.zeit.de/news/2018-01/07/jahreswechsel-busfahrer-fuer-betriebe-nur-noch-schwer-zu-finden-07085802 (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

352 Um dies sicherzustellen, bedarf es innerhalb der EU der Vollendung des Daten-Binnenmarktes. Vgl. https://ec.europa.eu/germany/news/europ%C3%A4ische-daten-wirtschaft-eu-kommission-stellt-konzept-f%C3%BCr-daten-binnenmarkt-vor_de (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

353 Die berücksichtigten Konferenzen sind: Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS), Principles and Practice of Knowledge Discovery and Data Mining (PKDD), Conference on Artificial Intelligence and Statistics (AISTAT), Annual Conference on Computational Learning Theory (COLT), International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (SIGKDD), Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI) und International Conference for Machine Learning (ICML). Die Bezeichnung Grundlagenforschung trifft auf die Mehrzahl der Konferenzbeiträge zu. Im Einzelfall werden in den Konferenzbänden durchaus auch Anwendungen vorgestellt.

354 Für die Konferenzbeiträge der Jahre 2005 bis 2016 wurden Daten aus Scopus zur Zitationshäufigkeit, Affiliation der Verfasserin bzw. des Verfassers und des Standorts der Forschungseinrichtungen ermittelt.

355 Eine Auswertung aller erfassten Veröffentlichungen zu künstlicher Intelligenz seit 1996 zeigt, dass sich deren Zahl seitdem verneunfacht hat. Damit übersteigt das Wachstum des Fachgebiets KI die Zunahme der Publikationen im Bereich Informatik im Allgemeinen (Versechsfachung seit 1996). Vgl. AI Index (2017: 10).

356 Gleichzeitig sei darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse dieser Form der Analyse stark von der verwendeten Suchstrategie und Datenbasis abhängig sind. Vgl. Youtie et al. (2018).

357 Für das Jahr 2017 lagen noch keine vollständigen Daten vor.

358 Vgl. Abbildung 2.1, 3.1, 4.1 und 5.1 in Youtie et al. (2018).

359 Eine Publikation wird einem Land zugeordnet, wenn mindestens eine der Autorinnen bzw. einer der Autoren an einer Organisation in diesem Land affiliiert ist. Bei internationaler Ko-Autorenschaft werden Publikationen somit mehreren Ländern zugeordnet.

360 Darüber hinaus ist für jede Dimension die Publikationsanzahl des Spitzenreiters angegeben. So können China beispielsweise 912 aller Publikationen im Anwendungsfeld Smart Home zugewiesen werden. Allerdings führen die USA mit 135 Spitzenpublikationen. Die Positionen der Vergleichsländer sind für jede Dimension und für jedes Anwendungsfeld relativ zum jeweiligen Spitzenreiter ausgewiesen.

361 Vgl. Tabelle 4.1 und 4.5 in Youtie et al. (2018).

362 Vgl. Tabelle 2.1 und 2.5 in Youtie et al. (2018).

363 Vgl. Tabelle 3.1 und 3.5 in Youtie et al. (2018).

364 Vgl. Tabelle 5.1 und 5.5 in Youtie et al. (2018).

365 Vgl. Youtie et al. (2018) und Pötzl und Natterer (2018). Während Youtie et al. (2018) mit klassischen Verfahren der Schlüsselwortsuche arbeiteten, wurde in Pötzl und Natterer (2018) mit semantischen Verfahren die Robustheit der so erhaltenen Resultate überprüft.

366 Von transnationalen Patentfamilien wird gesprochen, wenn innerhalb der Familie mindestens eine EPA-Anmeldung oder eine PCT-Anmeldung vorliegt.

367 Eine Analyse nach Land der Patentanmelderin oder des Patentanmelders führt zu ähnlichen Ergebnissen wie die Analyse nach Land der Erfinderin oder des Erfinders.

368 Für einen jedoch mit Unsicherheiten behafteten Überblick sei verwiesen auf Tabelle 2 in Dumitrescu et al. (2018).

369 Durchsucht wurden verschiedene Förderdatenbanken sowie Informationsseiten. In den Datenbanken wurden Projekte mit einem frühesten Startjahr 2012 betrachtet. Vgl. Dumitrescu et al. (2018).

370 Vgl. Dumitrescu et al. (2018). Ebenda wird der Anteil des autonomen Fahrens am Projektvolumen deutscher Projekte mit Start zwischen 2012 und 2017 mit 65 Prozent angegeben.

371 Vgl. Dumitrescu et al. (2018). Ebenda wird der Anteil des autonomen Fahrens am Projektvolumen europäischer Projekte mit Start zwischen 2012 und 2017 mit 91 Prozent angegeben.

372 Für eine Liste der laufenden Schwerpunktprogramme der DFG siehe http://www.dfg.de/gefoerderte_projekte/programme_und_projekte/listen/index.jsp?id=SPP (letzter Abruf am 17. Januar 2018). Zu den genannten Sonderforschungsbereichen siehe http://gepris.dfg.de/gepris/projekt/54371073 und http://gepris.dfg.de/gepris/projekt/13634853 (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

373 Die Förderung wird sich auf bis zu 1,5 Millionen Euro innerhalb von vier Jahren belaufen. Vgl. https://www.volkswagenstiftung.de/unsere-foerderung/unser-foerderangebot-im-ueberblick/kuenstliche-intelligenz-ihre-auswirkungen-auf-die-gesellschaft-von-morgen.html?tx_itaofundinginitiative_itaofundinginitiativelist%5Bcontroller%5D=FundingInitiative&cHash=29d4f3d9556a5d7f02d3a438b7a91ac7 (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

374 Vgl. http://cyber-valley.de/de (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

375 In der Erschließung von Wertschöpfungspotenzialen neuer Technologien kann Start-ups eine entscheidende Rolle zukommen, wenn etablierte Unternehmen sich diesen Technologien zu langsam öffnen. In den USA zeigt sich bereits ein enormer Anstieg der im Bereich KI tätigen Start-ups. So hat sich die Zahl dieser Start-ups seit dem Jahr 2000 vervierzehnfacht (AI Index 2017: 16). Dieser Anstieg von Gründungen ging mit einer Versechsfachung der Wagniskapitalinvestitionen seit dem Jahr 2000 einher. Vgl. AI Index (2017: 17).

376 Vgl. http://english.gov.cn/policies/latest_releases/2017/07/20/content_281475742458322.htm (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

377 Vgl. https://www.datainnovation.org/2017/08/how-governments-are-preparing-for-artificial-intelligence/ (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

378 Fünf Milliarden US-Dollar.

379 Vgl. Mozur (2017).

380 Eine Billion Won.

381 Vgl. https://aiimpacts.org/funding-of-ai-research/ (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

382 Vgl. https://www.datainnovation.org/2017/08/how-governments-are-preparing-for-artificial-intelligence/ (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

383 Siehe dazu EOP (2016), EOP und NSTC (2016) sowie NSTC (2016). Allerdings sieht das US-Budget für 2018 beispielsweise einen Rückgang der Ausgaben der National Science Foundation im Bereich „Intelligente Systeme“ um 10 Prozent auf knapp 150 Millionen Euro vor. Vgl. Mozur und Markoff (2017).

384 Die Bundesregierung fördert die Forschung im Bereich KI z.B. im Rahmen der Programme „IT-Forschung 2006“ und „IKT 2020“ sowie über eine Förderung des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz (DFKI). Darüber hinaus unterstützt das BMBF Vorhaben in der Verknüpfung von Forschung mit Aus- und Weiterbildung im Bereich des maschinellen Lernens und fördert die Big-Data-Kompetenzzentren Berlin Big Data Center, Competence Center for Scalable Data Services and Solutions (in Dresden und Leipzig) sowie das Smart Data Innovation Lab in Karlsruhe. Die Bundesregierung unterstützte die Strategiebildung zum Thema KI bisher im Rahmen der Hightech-Strategie, insbesondere im Fachforum „Autonome Systeme“, und unterstützt sie seit Frühjahr 2017 in der Plattform Lernende Systeme.

385 Vgl. § 19 Abs. 4 Nr. 4 GWB.

C

386 Die systematische Auswahl internationaler Vergleichsländer orientiert sich u. a. an der Größe der Volkswirtschaften und der nationalen FuE-Intensität in den OECD- und BRICS-Staaten.

C 1

387 Dieser Abschnitt sowie die folgenden Abbildungen basieren auf Gehrke und Kerst (2018).

C 2

388 Dieser Abschnitt sowie die folgenden Abbildungen basieren auf Schasse et al. (2018).

389 Im vergangenen Jahr war die FuE-Intensität für das Jahr 2015 zunächst auf 2,99 Prozent des Bruttoinlandprodukts beziffert worden. Dieser Wert musste allerdings später auf 2,92 Prozent korrigiert werden.

C 3

390 Vgl. hierzu und im Folgenden Rammer und Hünermund (2013).

391 Vgl. hierzu auch Rammer et al. (2018).

392 Vgl. Blind (2002).

393 Vgl. ISO (2008: 15) sowie http://www.iso.org/iso/home/about/iso_members.htm (letzter Abruf am 17. Januar 2018).

C 4

394 Dieser Abschnitt sowie die folgenden Abbildungen basieren auf Bersch et al. (2018).

395 Eine interne Finanzierung ist kaum möglich, da die Unternehmen zu Beginn keine oder kaum Umsätze erwirtschaften, aus denen sie Investitionen tätigen und laufende Ausgaben bezahlen können. Auch die Aufnahme von Fremdkapital in Form von Bankkrediten gestaltet sich schwierig, da es für Banken nicht leicht ist, die Erfolgsaussichten der Unternehmen zu beurteilen.

396 Invest Europe ist der europäische Verband der Private-Equity- und Risikokapitalinvestoren und betreibt mit der European Data Cooperative (EDC) eine Plattform zur Sammlung von Private-Equity- und Wagniskapitaldaten. Auf Grundlage der Informationen in der EDC-Datenbank sowie der Daten von Eurostat und des Internationalen Währungsfonds stellt Invest Europe in regelmäßigen Abständen aktualisierte Daten zu Wagniskapitalinvestitionen bereit. Basis dafür sind Informationen von den nationalen Wagniskapitalverbänden, die ihre Informationen durch Mitgliederbefragungen erhalten. Die harmonisierte Erfassung und Aufbereitung der Daten sorgt für eine gute internationale Vergleichbarkeit.

397 Dies ist dann gegeben, wenn investierende Marktteilnehmer nicht bei Invest Europe als Mitglied erfasst sind oder es sich um einen außereuropäischen Investor handelt.

398 Die Zephyr M&A-Datenbank enthält Informationen zu Mergers and Acquisitions (M&A), getrennt nach Private-Equity-, Venture-Capital- und Business-Angel-Investitionen. Die Angaben umfassen die Investitionssumme, das Unternehmen, in das investiert wurde (Portfolio-Unternehmen), und den Investor. Da die Zephyr M&A-Datenbank in erster Linie größere Investitionen enthält, werden die Informationen aus dieser Datenbank um die aus der Majunke-Transaktionsdatenbank ergänzt. Diese Datenbank wird von Majunke Consulting bereitgestellt und erfasst Venture-Capital-Investitionen in Deutschland, Österreich und dem deutschsprachigen Teil der Schweiz. Sie enthält ebenfalls Angaben zur Investitionssumme, zum Portfolio-Unternehmen und zum Investor und schließt auch kleine Investitionen mit ein. Da in beiden Datenbanken neben den Wagniskapitalinvestitionen auch eine Reihe anderer Investitionen in Unternehmen enthalten sind, wird für jede Transaktion überprüft, ob es sich mit hinreichend großer Wahrscheinlichkeit tatsächlich um eine Wagniskapitalinvestition handelt. Dafür werden Informationen über die an einem Unternehmen beteiligten (natürlichen und juristischen) Personen aus dem Mannheimer Unternehmenspanel (MUP) verwendet.

399 Untypische Investoren sind all jene Marktteilnehmer, die direkte Wagniskapitalbeteiligungen eingehen, deren Kerngeschäft jedoch ein anderes ist. Hierzu zählen beispielsweise Vermögensverwalter, Dachfonds, Banken und Versicherer sowie etablierte Unternehmen.

C 5

400 Dieser Abschnitt sowie die folgenden Abbildungen basieren auf Bersch et al. (2018).

401 Allerdings ist die Vergleichbarkeit der einzelnen Länderdaten nicht uneingeschränkt gegeben. Vgl. hierzu detailliert Müller et al. (2014).

402 Vgl. hierzu im Einzelnen Müller et al. (2013).

403 Vgl. hierzu und im Folgenden Bersch et al. (2018).

404 Eine originäre Neugründung liegt vor, wenn eine zuvor nicht ausgeübte Unternehmenstätigkeit aufgenommen wird und zumindest eine Person ihren Haupterwerb damit bestreitet. Eine Unternehmensschließung liegt vor, wenn ein Unternehmen keine wirtschaftliche Tätigkeit mehr durchführt und am Markt keine Produkte mehr anbietet.

405 Das MUP hat eine deutlich enger gefasste Definition von wirtschaftsaktiven Unternehmen sowie von Marktein- und -austritten, sodass eher geringe unternehmerische Aktivitäten im MUP nicht erfasst werden.

406 Vgl. hierzu und im Folgenden Bersch et al. (2018).

407 Vgl. hierzu und im Folgenden Bersch et al. (2018).

408 Vgl. im Folgenden Bersch et al. (2018).

C 6

409 Dieser Abschnitt sowie die folgenden Abbildungen basieren auf Neuhäusler et al. (2018).

C 7

410 Dieser Abschnitt sowie die folgenden Abbildungen basieren auf Helmich et al. (2018).

C 8

411 Dieser Abschnitt sowie die folgenden Abbildungen basieren auf Gehrke und Schiersch (2018).

412 Für eine methodische Erläuterung des RCA-Indikators vgl. Gehrke und Schiersch (2018: 74).

D 4

413 Vgl. Gehrke et al. (2013).

Kontakt und weitere Informationen
Geschäftsstelle der Expertenkommission
Forschung und Innovation (EFI)
Pariser Platz 6
D-10117 Berlin
Tel.: +49 (0) 30 3229 82 564
Fax: +49 (0) 30 3229 82 569
E-Mail: kontakt@e-fi.de
www.e-fi.de

Herausgeber
Expertenkommission Forschung und
Innovation (EFI), Berlin.

Zitierhinweis
EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2018): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2018, Berlin: EFI.

Gestaltung
Kognito Gestaltung, Berlin

Produktion
Buch- und Offsetdruckerei H. Heenemann
GmbH & Co. KG, Berlin

Redaktionsschluss: 24. Januar 2018

Die im Jahresgutachten 2018 verwendeten Abbildungen und Tabellen sowie die dazugehörigen Datensätze stehen in der Online-Version des Gutachtens sowie auf www.e-fi.de zum Herunterladen bereit.